

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LOANA BERGAMO DOS SANTOS

**SUBSTITUIÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL PELA CAMA  
DE FRANGO NA SUCESSÃO AVEIA E MILHO E SEUS EFEITOS NOS  
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

Marechal Cândido Rondon

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LOANA BERGAMO DOS SANTOS

**SUBSTITUIÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL PELA CAMA  
DE FRANGO NA SUCESSÃO AVEIA E MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Professor Dr. Paulo Sérgio Rabello de Oliveira  
Co – Orientador: Professor Dr. Affonso Celso Gonçalves Junior.

Marechal Cândido Rondon

2011

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
NIVEL MESTRADO E DOUTORADO**

**LOANA BERGAMO DOS SANTOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Produção Vegetal.

Marechal Cândido Rondon, \_\_/\_\_/2011.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Paulo Sérgio Rabello de Oliveira (*D.Sc.* Agronomia – Unioeste)  
Orientador

---

Dr. Antonio Carlos Torres da Costa (Membro)

---

Dermânio Tadeu Lima Ferreira (Membro)

---

Affonso Celso Gonçalves Junior  
(Co-orientador)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

*A meus pais, Nelson dos Santos e Marilene Bergamo, pelo exemplo, incentivo e apoio durante mais essa etapa.*

*A meus irmãos Nelson Júnior e Emanuela pelo carinho.*

*A meu primo Thiago Fernando Sandri dos Santos (in memoriam) pelo orgulho e confiança depositada para que este objetivo fosse alcançado.*

*A meu noivo Thiago Rômulo Sanchez Campos, pelo amor e pela compreensão desprendidos para o alcance deste objetivo.*

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela minha existência.

Meus familiares pela ajuda e compreensão.

À Universidade Estadual do Oeste de Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA), pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Paulo Sergio Rabello Oliveira pela orientação, paciência, confiança e credibilidade em mim depositada.

Ao professor Dr. Affonso Celso Gonçalves Junior e aos laboratoristas e funcionários do laboratório de Química Agrícola e Instrumental da Unioeste Campus Marechal Cândido Rondon pelo auxílio.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, orientação, sugestões e contribuições fornecidas.

A Deise Dalazen Castagnara pelo incentivo, apoio e colaboração para a realização deste trabalho e durante todo o mestrado.

Aos colegas de mestrado pela convivência e amizade.

As amigas, Patrícia Paula Bellon, Daniela Mondardo, Camila Campos Clavisso e Tatiane Ohland, pelo companheirismo, apoio e incentivo.

E a todos aqueles que não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho.

**Muito Obrigada!**

“Batei e abrir-se-vos-á, Pedi e vos será dado, Buscai e achareis”.

“Se pedires, Deus te dará. Se buscares, Deus te fará encontrar. Se bateres, Deus te abrirá as portas. Pois tudo o que pedes, recebes de Deus. O que buscas, encontras em Deus e a quem Bate, Deus abrirá todas as portas” (Santo Evangelho).

“O solo não é uma herança que recebemos de nossos pais, mas sim um patrimônio que tomamos emprestado de nossos filhos”.

**L. Brown**

# **SUBSTITUIÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL PELA CAMA DE FRANGO NA SUCESSÃO AVEIA E MILHO**

## **Resumo**

A busca constante pela sustentabilidade dos sistemas de produção têm direcionado as pesquisas à buscar alternativas aos problemas oriundos da intensificação dos sistemas produtivos. Nesse contexto o presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da substituição da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango na cultura da aveia e do milho em sucessão e nos atributos químicos do solo. Foram conduzidos dois ensaios durante o período de maio de 2009 à março de 2010 em área de Latossolo Vermelho eutroférrico localizada na fazenda experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, município de Marechal Cândido Rondon. O primeiro ensaio foi conduzido sob o delineamento em blocos ao acaso com seis tratamentos obtidos a partir de combinações de quantidades crescentes de cama de frango aplicadas na aveia combinadas com a adubação nitrogenada mineral de cobertura aplicada no milho e quatro repetições. Estudou-se a produção de massa seca e acúmulo de nitrogênio pela cultura da aveia, e os componentes de produção e produtividade da cultura do milho. No segundo ensaio, após a colheita do milho, estudou-se os atributos químicos do solo sob o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 6X3, com as seis combinações de adubação utilizadas no primeiro ensaio associadas a três profundidades de amostragem do solo (0-5; 5-10 e 10-15 cm). A aplicação de cama de frango na cultura da aveia propiciou aumento da produção de massa seca e acúmulo de maior quantidade de N, enquanto a substituição de parte da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango elevou os índices de produtividade da cultura do milho. Os atributos químicos do solo foram alterados pelos fatores estudados, ocorrendo a elevação dos teores de P, MO, Al trocável e acidez potencial, e redução do pH, K, Ca, Mg, soma de bases e saturação por bases.

**Palavras-chave** – acidez potencial, *Avena strigosa*, cama de frango, capacidade de troca de cátions, *Zea mays*

# REPLACEMENT OF MINERAL NITROGEN BY POULTRY LITTER IN THE SUCCESSION OATS AND CORN

## Abstract

The constant search for sustainability of production systems have driven research to find alternatives to the problems arising from the intensification of production systems. In this context the present work was to study the effects of substitution of mineral nitrogen by chicken litter in oat and corn in succession and chemical characteristics of soil. Two experiments were conducted during the period from May 2009 to March 2010 in Oxisol area located at the experimental farm of the State University of Paraná, municipality of Rondon. The first test was conducted under a randomized complete blocks with eight treatments obtained from different combinations of chicken manure (applied in oat) and mineral N fertilization (applied in corn) and four replications. We studied the production of dry matter and nutrient accumulation in the straw of the oat crop, and yield components and yield of corn. In the second trial, after the corn harvest, we studied the chemical properties of soil under the design of randomized blocks in factorial scheme 8x3, with the eight combinations of fertilizer used in the first trial related to three depths of soil sampling (0 -5, 5-10 and 10-15 cm). Larger quantities of poultry litter in oat provided higher dry matter production and accumulation of N. All fertilization studied provided satisfactory average productivity for corn (8569 kg ha<sup>-1</sup>). The soil properties were changed with the use of poultry litter associated with mineral N fertilization. There was a decrease in pH, Ca, Mg, and increased the P, potential acidity, the cation exchange capacity and exchangeable Al with increasing proportions of poultry litter in relation to mineral N fertilization.

**Key-words:** potential acidity, *Avena strigosa*, chicken litter, cation exchange capacity, *Zea mays*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental..	31
Figura 02. Massa seca, teor de N total e quantidade de N retido na massa seca da aveia preta em função da aplicação de cama de frango. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.....	36
Figura 03. Teor de N foliar, diâmetro de colmo, altura de planta e altura de inserção de espiga do milho em função da adubação antecipada na aveia com cama de frango e adubação nitrogenada no milho. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011. ....	38
Figura 4. Número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, diâmetro de espiga, massa de mil grãos e produtividade do milho em função da adubação antecipada na aveia com cama de frango e adubação nitrogenada no milho. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011. ....	40
Figura 05 – Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental..	48
Figura 06. Teores de fósforo e matéria orgânica, e valores de pH do solo e acidez potencial de um Latossolo Vermelho eutroférico submetido a diferentes combinações de cama de frango e adubação nitrogenada mineral. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.....	52
Figura 07. Teores de potássio, cálcio e magnésio de um Latossolo Vermelho eutroférico submetido a diferentes combinações de cama de frango e adubação nitrogenada mineral. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011. ....	56
Figura 08. Soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases de um Latossolo Vermelho eutroférico submetido a diferentes combinações de cama de frango e adubação nitrogenada mineral. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011. ....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Características químicas na camada de 0-20 cm do solo da área implantada com o experimento. Unioeste, Marechal Cândido Rondon – PR, 2011..	32
Tabela 02. Detalhamento dos tratamentos utilizados no experimento. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.....	33
Tabela 03. Características químicas na camada de 0-20 cm do solo da área implantada com o experimento. Unioeste, Marechal Cândido Rondon – PR, 2011..	47
Tabela 04. Detalhamento dos tratamentos utilizados no experimento. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Revisão de Literatura</b> .....	<b>14</b>
1.2.1	Cultura do milho.....	14
1.2.2	Cultivo da aveia preta para cobertura do solo .....	15
1.2.3	Sistema de sucessão aveia/milho.....	16
1.2.5	Utilização de cama de frango como fertilizante orgânico.....	18
1.2.6	Adubação orgânica e os atributos químicos do solo .....	19
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>21</b>
<b>1.4</b>	<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>28</b>
	<b>DOSES DE CAMA DE FRANGO NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA E ACUMULO DE NITROGENIO NA AVEIA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM SUCESSÃO SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL COMPLEMENTAR ...</b>	<b>28</b>
	<b>AGRONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE IN RELATION TO THE ADVANCEMENT OF ORGANIC NITROGEN</b> .....	<b>29</b>
<b>2.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2</b>	<b>Material e métodos</b> .....	<b>31</b>
<b>2.3</b>	<b>Resultados e discussão</b> .....	<b>35</b>
2.3.1	Características da aveia preta .....	35
2.3.2	Nutrição e biometria das plantas de milho .....	36
2.3.3	Componentes de produção e produtividade do milho .....	38
<b>2.4</b>	<b>Conclusão</b> .....	<b>41</b>
<b>2.5</b>	<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>44</b>
	<b>ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRICO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL .....</b>	<b>44</b>
	<b>CHEMICAL PROPERTIES OF A OXISOL TO ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>46</b>

<b>3.2</b>	<b>Material e Métodos.....</b>	<b>47</b>
<b>3.3</b>	<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>50</b>
3.3.1	Fósforo, matéria orgânica, pH e acidez potencial.....	50
3.3.2	Alumínio trocável, Potássio, Cálcio e Magnésio .....	54
3.3.3	Soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases .....	57
<b>3.4</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>58</b>
<b>3.5</b>	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>59</b>

# **1 CAPÍTULO 1**

## **1.1 Introdução**

Mediante às intensas discussões na mídia à cerca das atividades agropecuárias e à redução constante na margem de lucro dos produtores, a sustentabilidade dos sistemas de produção deixou de ser utopia e passou a ser uma necessidade e uma realidade constantemente discutida no meio acadêmico e rural.

Muitas tecnologias de produção têm sido desenvolvidas e implementadas visando atingir a sustentabilidade. Dentre elas o sistema plantio direto (SPD), que propõe a eliminação do preparo convencional e a deposição de resíduos culturais na superfície do solo (ASSIS; LANÇAS, 2004). A rotação de culturas que consiste em alternar, em um mesmo terreno e na mesma época do ano, diferentes culturas em seqüência, de acordo com um plano definido, pois o cultivo sucessivo de uma única cultura causa a perda de produtividade do solo (LOMBARDI-NETO et al., 2002). E ainda, oriundo da necessidade de manutenção dos resíduos culturais para o SPD, rotação de culturas, produção de forragem e recuperação e/ou renovação de pastagens têm-se o sistema de integração lavoura-pecuária, com o cultivo alternado e/ou consorciado de grãos e forrageiras numa mesma área.

A adoção dessas tecnologias em uma propriedade contribui para o aumento da sustentabilidade do sistema de produção por melhorar as condições de solo e reduzir problemas com plantas daninhas, pragas e doenças. A melhoria das condições do solo para o crescimento das plantas é obtida devido à reciclagem e equilíbrio nos teores de nutrientes e ao aumento e incorporação da matéria orgânica, com conseqüentes efeitos sobre as propriedades físicas. A supressão de plantas daninhas, pragas e doenças é obtida pela diversificação das culturas cultivadas, e para as plantas daninhas em especial pela deposição dos resíduos culturais, alteração no banco de sementes e efeitos alelopáticos.

Entretanto os benefícios dessas tecnologias podem ser aumentados quando estas são utilizadas em conjunto e/ou quando associadas a outras tecnologias, como a adubação orgânica. A evolução das atividades pecuárias com a concentração de grande número de animais por unidade de área nos sistemas conhecidos como confinados proporciona a geração de grande quantidade de

resíduos orgânicos com necessidade de disposição legalmente e ambientalmente adequadas. A avicultura comercial é expressiva na região Oeste do Paraná, com geração de grande quantidade do resíduo cama de frango, rico em nutrientes e passível de ser utilizado como fertilizante orgânico.

## **1.2 Revisão de Literatura**

### **1.2.1 Cultura do milho**

O milho (*Zea mays*) é um dos cereais mais cultivados do mundo (SEAB, 2011), em função de sua produtividade, composição química e valor nutritivo, fornecendo produtos largamente utilizados para alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria assumindo relevante papel socioeconômico (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Nos últimos cinco anos a produção média mundial de milho foi de 778,8 milhões de toneladas, enquanto a produção de trigo foi de 658,8 milhões e do arroz foi de 659,4 milhões, com uma expressiva evolução na produção nas últimas décadas, passando de 452,8 milhões de toneladas obtidas no final da década de 80, para as atuais 819,6 milhões estimadas na safra 2010/11 (SEAB, 2011).

O Brasil é o 4º maior produtor de milho, responsável por 7% da produção mundial (SEAB, 2011). No país, a área cultivada com a cultura foi de aproximadamente 13.106,6 mil hectares, com produtividade média de 4.316 kg/ha e produção esperada para a safra 2010/11 de 54,50 milhões de toneladas (CONAB, 2011).

O estado do Paraná é o maior produtor de milho, responsável por 25% da produção nacional, com produtividade média estimada em 4.346 kg/ha (CONAB, 2011). Para a safra 2009/2010, a área cultivada no estado foi de 2.267.147 de hectares, com produção de 13.445.453 toneladas (SEAB, 2011). A região Oeste é responsável pela produção de 2.512.930 toneladas anuais (IPARDES, 2011).

Nos últimos anos, a cultura do milho no Brasil vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos de produtividade (COELHO, 2007). Esses aumentos se devem aos avanços obtidos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo que proporcionam melhor

compreensão das relações com o meio ambiente e são fundamentais para as previsões do comportamento da planta, quando submetida a estímulos e a ações advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos no sistema produtivo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Dentre os avanços tecnológicos obtidos, destaca-se a conscientização dos produtores acerca da necessidade de melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentável. Essa melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada à adequação do manejo, incluindo, entre outras práticas, a rotação de culturas, o plantio direto e o manejo da fertilidade por meio da calagem e a adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos ou orgânicos (estercos, compostos, adubação verde, etc.) (COELHO, 2007).

### 1.2.2 Cultivo da aveia preta para cobertura do solo

A cultura da aveia é uma alternativa técnica e economicamente viável de cultivo no período de outono/inverno/primavera, especialmente no Centro-Sul do Brasil, pois além das aplicações como forrageira, é utilizada como cobertura verde/morta para proteção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, dando sustentabilidade ao sistema plantio direto (FLOSS et al., 2007).

A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) é uma gramínea originária da Europa e amplamente utilizada como planta forrageira, pois apresenta crescimento inicial rápido (FEROLLA et al., 2007) com elevada produção de massa seca (FEROLLA et al., 2007; LUZ et al., 2008) e possui resistência à ferrugem (LUZ et al., 2008). É a espécie mais cultivada como cobertura de solo no inverno, antecedendo aos cultivos do milho e soja em SPD, devido alto rendimento de palhada, facilidade de aquisição de sementes e de implantação, rusticidade, rapidez de formação de cobertura, decomposição lenta e ciclo adequado (SILVA et al., 2006). A aveia-preta apresenta capacidade de incorporar ao sistema uma produção de 2 a 11 t ha<sup>-1</sup> de massa seca e de 7 a 17 g kg<sup>-1</sup> de N (CALEGARI, 2006), além de responder muito bem à adubação, principalmente com N e P (KICHEL; MIRANDA, 2000).

Seu cultivo é recomendado para a rotação de culturas em semeadura direta por apresentar alta produção de massa seca da parte aérea que assegura uma adequada cobertura do solo e um abundante sistema radicular onde, as raízes ao se decomporem, deixarão canais no solo que irão atuar positivamente na infiltração de água no solo, que pode ser de 20 a 60% superior a do sistema de preparo convencional, conforme o tipo de solo, estrutura e seqüência de culturas em rotação (MEDEIROS; CALEGARI, 2007). A cultura também se destaca por exercer efeito alelopático sobre uma série de plantas daninhas e controle de moléstias como o mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis*) em trigo e a redução de nematóides e esclerotínia da soja (FLOSS; FLOSS, 2007).

### 1.2.3 Sistema de sucessão aveia/milho

O sucesso dos sistemas de sucessão com aveia e milho estão condicionados ao manejo imposto à cultura de inverno que afeta diretamente a quantidade e a qualidade dos resíduos culturais depositados na superfície do solo.

Manejos que reduzam a capacidade de deposição de resíduos culturais na superfície do solo pela cultura da aveia como cortes ou pastejos intensos e a ausência de adubação podem acarretar o aumento da infestação de plantas daninhas com maior dependência de controle químico e a redução nos teores de matéria orgânica e nutrientes do solo em relação à manejos que proporcionem adequada cobertura do solo (BALBINOT et al., 2007).

Em relação à qualidade dos resíduos culturais, um aspecto importante a ser observado diz respeito à relação C/N. O processo de decomposição dos resíduos da aveia é responsável pela liberação da maior parte dos nutrientes acumulados na sua fitomassa, estando condicionado à fatores bióticos e abióticos. Dentre esses fatores, a relação C/N dos resíduos aportados ao solo assume importante papel na decomposição e imobilização/mineralização de N (AMADO et al., 2003). Segundo Aita et al. (2001), em sistemas de sucessão aveia/milho no sul do Brasil, a disponibilidade de N ao milho é freqüentemente comprometida durante a decomposição do material orgânico. A palhada produzida pela cultura da aveia possui alta relação carbono/nitrogênio (C/N) podendo causar prejuízos à cultura do

milho (SILVA et al. 2006), pela ocorrência da imobilização microbiana do N (AMADO et al., 2003).

Entretanto, Wisniewski e Holtz (1997) demonstraram que a palhada de aveia preta apresenta decomposição rápida e maior taxa de mineralização do carbono, liberando, desta forma, maior quantidade de N e P para o solo quando comparada à palhada de milho. A deposição de palhada no solo também contribui para o aumento dos estoques de carbono orgânico no solo, a ciclagem de nutrientes e a mobilização de cátions no perfil (DEBARBA; AMADO, 1997).

#### 1.2.4 Exigências nutricionais da cultura do milho

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo, a qual dependerá, portanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. Para a cultura do milho, a extração de N, P, K, Ca e Mg aumenta linearmente com o aumento na produção, e maior exigência do milho refere-se a N e K, seguindo-se Ca, Mg e P (COELHO; FRANÇA, 1995).

Conseqüentemente, dentre os fatores que podem aumentar o rendimento da cultura do milho, destacam-se o manejo da fertilidade do solo e, em especial, o da adubação nitrogenada (FONTOURA; BAYER, 2009). Dos nutrientes requeridos pelo milho, o N é o de manejo e recomendação mais complexos, em virtude da multiplicidade de reações químicas e biológicas a que está sujeito, com grande dependência das condições edafoclimáticas (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

A absorção de N pelo milho é mais intensa no período de 40 a 60 dias após a germinação, mas a planta absorve pequena quantidade na germinação e após o florescimento caracterizando, desta forma, três fases para absorção: uma fase no crescimento inicial lento (germinação) uma fase no crescimento rápido em que 70 a 80% de toda matéria seca são acumulados, e uma última fase de absorção cujo crescimento é novamente lento, acumulando cerca de 10% de massa de matéria seca total da planta (VASCONCELOS et al., 1998).

O N está entre os nutrientes mais requeridos pela cultura do milho (CRUZ et al., 2008), sendo o exigido em maior quantidade e o que mais influencia a produtividade e onera o custo de produção (SILVA et al., 2005; AMADO et al., 2002).

Assim, o manejo da adubação nitrogenada a fim de aumentar sua eficiência, é fator importante na busca de melhores produtividades, e tem sido a parte mais desafiante e limitante na produção de milho (SILVA et al., 2005).

Resultados experimentais obtidos por vários autores, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram respostas generalizadas do milho à adubação nitrogenada, sendo que cerca de 70 a 90% dos ensaios de adubação com milho realizados em campo, no Brasil, respondem à aplicação de N (CRUZ et al., 2005).

A aplicação de fertilizantes nitrogenados para se obter rendimentos elevados de milho (*Zea mays* L.), é necessário porque em geral os solos não suprem a demanda da cultura em termos de N nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (POTTKER; WIETHILTER, 2004). As recomendações atuais para adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho variam entre 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> (SOUZA et al., 2003).

Entretanto ainda não está totalmente definido qual o melhor manejo da adubação nitrogenada para a cultura do milho para as diversas condições de cultivo. A aplicação de N mineral em pré-semeadura na cultura do milho têm sido uma das alternativas estudadas, pois promove acréscimos no teor de N no solo e na absorção pelas plantas após o manejo da cultura de cobertura, podendo também influenciar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais (BASSO; CERETTA, 2000). Segundo Ceretta et al. (2002), quando se aplica parte ou todo o N que seria aplicado em cobertura no milho na cultura da aveia preta, há a expectativa de que possa haver transferência de parte do N acumulado na fitomassa da aveia preta às plantas de milho cultivadas em sucessão. Alguns estudos já contemplaram a aplicação do N em pré-semeadura para a cultura do milho (CERETTA et al., 2002; MAI et al. 2003; DA ROS et al. 2003) em sucessão à aveia preta, mas são escassos os trabalhos que contemplem a utilização de adubação nitrogenada de origem orgânica.

#### 1.2.5 Utilização de cama de frango como fertilizante orgânico

Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos, denominados de cama de frango, são ricos em nutrientes e, por estarem disponíveis nas

propriedades a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais (COSTA et al., 2009). A cama de frango é uma importante fonte de nutrientes, especialmente de N, e quando manejada adequadamente, pode suprir parcial ou totalmente, a adubação química (BLUM et al., 2003). Castro et al. (2005) observou teores de N, P e K em cama de frango de 25,9; 20,6 e 10,0 g kg<sup>-1</sup>, enquanto Andreotti et al. (2005) constataram 19,3; 16,5 e 41,1 g kg<sup>-1</sup>, destes macronutrientes. Trabalhos conduzidos principalmente no sul do Brasil têm demonstrado a viabilidade da utilização da cama de frango como fertilizante (ANDREOLA et al., 2000; MELLO; VITTI, 2002; MENEZES et al., 2004).

Entretanto esse adubo orgânico apresenta variabilidade de acordo com o sistema de criação empregado, número de lotes criados sobre a cama, modo e tempo de compostagem, entre outros fatores (SILVA et al., 2009). Oliveira et al. (2006) também encontraram valores diferentes (N= 35,3; P = 3,07 e K = 30,0 g kg<sup>-1</sup>). Essa variação nos produtos utilizados não é o único problema na adubação dita orgânica, há também problemas relacionados com o excesso de nutrientes que podem contaminar o solo e lençóis freáticos, quando utilizados sem critérios técnicos.

Nesse contexto, a dose de cama de frango a ser recomendada deve levar em consideração as necessidades da cultura e propriedades físicas e químicas do solo (COSTA et al., 2009), entretanto, na maioria das vezes, esses resíduos orgânicos, que são utilizados na adubação de pastagens e lavouras sem nenhum critério técnico, sem a avaliação das necessidades do solo e das plantas e tão pouco da constituição química dos produtos (SILVA et al., 2009).

#### 1.2.6 Adubação orgânica e os atributos químicos do solo

Os atributos químicos do solo dizem respeito à capacidade de reter e fornecer nutrientes para as raízes das plantas e possibilitar reações químicas entre os seus componentes (PENTEADO, 2007).

O uso da adubação orgânica na agricultura tem sido uma das alternativas de adubação do solo e nutrição de plantas mais utilizadas em substituição aos adubos químicos do solo, possuindo como vantagens a melhoria das condições físicas e

químicas do solo por meio da incorporação de matéria orgânica ao solo (SOUZA, 1998).

Por possuírem a função de condicionadores dos solos, os adubos orgânicos podem se constituir numa alternativa para a preservação ambiental (BRITO; SANTOS, 2010), pois ajudam a estabilizar o pH, aumentam a quantidade de nutrientes e a matéria orgânica acumulada, e reduzem a concentração de carbono atmosférico (BERNARDI et al. 2007), servindo como fonte de energia para os microrganismos benéficos que habitam o solo (CAMPIOLO; SILVA, 2006).

O aumento da matéria orgânica causa, entre outros efeitos, alterações no pH e da saturação por bases, assim como a complexação e a precipitação do alumínio da solução do solo (MELLO; VITTI, 2002). As alterações no pH são muito importantes do ponto de vista de crescimento das plantas, porque essa característica do solo tem influência na disponibilidade de vários nutrientes para as plantas (PENTEADO, 2007).

Segundo Raij (1991), a alteração do pH, pela aplicação de resíduos orgânicos pode estar relacionada com: (a) o alto poder-tampão do material orgânico; (b) a possível neutralização do Al; (c) o efeito da saturação de bases, estimulando a manutenção ou a formação de certas bases trocáveis, como Ca, Mg, K e Na, contribuindo para redução da acidez e aumento da alcalinidade; e (d) uma relação positiva com a capacidade de troca catiônica (CTC).

Além das características acima citadas, a matéria orgânica também influencia a condutividade elétrica, N mineral ( $\text{NH}_4$  e  $\text{NO}_3$ ), além da adsorção de  $\text{Al}^{+3}$  por grupos funcionais orgânicos, sendo a CTC uma das mais importantes (VEZZANI et al., 2008).

Entretanto, a velocidade de aproveitamento dos nutrientes fornecidos por um material orgânico depende da facilidade com que esse material pode ser decomposto (LARCHER, 2000). A matéria orgânica adicionada ao solo não disponibiliza, de imediato, as quantidades totais dos nutrientes para as plantas e a aplicação contínua de adubos orgânicos tende a favorecer o acúmulo gradual dos nutrientes no solo, propiciando um efeito residual para os cultivos subseqüentes (FIGUEROA, 2008).

De acordo com Gomes et al., (2005) a adubação orgânica promove incremento nos níveis de carbono orgânico, Ca, Mg, K e P no solo. Matos et al., (2006) ao estudarem as formas de P no solo em sistemas de milho exclusivo e

consorciado com feijão sob adubação orgânica (composto orgânico) e mineral, verificaram que a adubação orgânica acarretou aumento nas formas mais lábeis de P favorecendo sua disponibilidade para as plantas.

Scherer e Nesi (2009) ao trabalharem com a aplicação de esterco de aves e suínos obtiveram aumentos nos teores de P, K, Ca, Mg, Zn e Cu, principalmente na camada de 0-10 cm em sistema de plantio direto. Melo et al. (2009), estudando a aplicação de esterco de caprino curtido obtiveram aumentos nos teores de P, K, Mg, saturação por bases e pH enquanto Silva et al. (2008) avaliando a aplicação de esterco líquido de gado leiteiro combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um Latossolo Bruno constataram incrementos no valor do pH, acidez potencial e nos teores Ca e Mg, nas camadas superficiais do solo.

### 1.3 Objetivos

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar o rendimento em matéria seca e acúmulo de N na cultura da aveia preta comum, as características agronômicas da cultura do milho cultivado em sucessão e os atributos químicos do solo em área agrícola submetida à aplicação de antecipada de cama de frango na cultura da aveia com posterior nivelamento do N na cultura do milho tomando como base suas exigências nutricionais.

### 1.4 Referências Bibliográficas

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N. & DA ROS, C.O.C. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.157-1165, 2001.

AMADO T.J.C., SANTI A.; ACOSTA J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - influência na decomposição de resíduos, Liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.1085-1096, 2003.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.1, p.241-248, 2002.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.867-874, 2000.

ANDREOTTI, M.; NAVA, I.A.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V.F.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na “safra das águas”. **Acta Scientiarum Agronomia**, v.27, n.4, p.595-602, 2005.

ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. Efeito do tempo de adoção do sistema plantio direto na densidade do solo máxima e umidade ótima de compactação de um Nitossolo Vermelho distroférrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.

BALBINOT JR., A.A.; MORAES, A. e BACKES, R.L. Efeito de coberturas de inverno e sua época de manejo sobre a infestação de plantas daninhas na cultura de milho. **Planta daninha**, v.25, n.3, p. 473-480 2007.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.905-915, 2000.

BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.A.; MADARI, B.E.; TAVARES, S.R.L.; CAMPOS, D.V.B; CRISÓSTOMO, L.A. Carbon and nitrogen stocks of an arenosol under irrigated fruit orchards in semiarid Brazil. **Scientia Agricola**, v.64, n.2, p.169-175, 2007.

BLUM, L.E.B.; AMARANTE,C.V.T.; GÜTTLER,G.; MACEDO, A.F.; KOTHE, D.M.; SIMMLER, A. O.; PRADO, G.; GUIMARÃES, L.S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p.627-631, 2003.

BRITO, S. S.; SANTOS, A. C. Decomposição e mineralização de nutrientes em função da aplicação de diferentes fontes de matéria orgânica. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.10, p. 1-8, 2010.

CALEGARI, A. **Plantas de cobertura**. In: Sistema de Plantio Direto com qualidade. Ed.: Casão Jr., R; Siqueira, R.; Mehta, Y. R.; Passini, J. J. Londrina: Iapar. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional. 2006.212 p.

CAMPIOLO, F.A.; SILVA, F.F. Orgânicos: Garantia de saúde e possibilidade de sucesso econômico para o Brasil. **Revista Cesumar - Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, v.11, n.2, p.145-165, 2006.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. **Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho**. In: GALVÃO, J.C.C. & MIRANDA, G.V., eds. Tecnologia de produção de milho. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.139-182.

CASTRO, C.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; CARVALHO, J.F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.5, p.495-502, 2005.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p. 163-171, 2002.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG, 2007. (Circular Técnica, 96).

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho**: nutrição e adubação. Piracicaba: POTAFOS, 1995. p 1-9. Arquivo do Agrônomo, n.2, 2.ed. ampliada e totalmente modificada. Encarte de Informações Agrônomicas, Piracicaba, n. 71, 1995.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, Quinto levantamento, fevereiro 2011. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2011, 39 p.

COSTA, A. M.; BORGES, E.N.; SILVA, A.A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E.C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência agrotecnológica**. v.33, p. 1991-1998, 2009.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F. P.; PEREIRA FILHO, I. A.; COELHO, A. M. **Resposta de cultivares de milho à adubação nitrogenada em cobertura**. Sete Lagoas: EMBRAPA. Dezembro, Comunicado Técnico 116, P. 65, 2005.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S.; SANTOS, J.R.; ALBUQUERQUE, A.W.; SILVA, E.T. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.12, n.4, p. 370-375, 2008.

DA ROS, C.O.; SALET, R.L.; PORN, R.L.; MACHADO, J.N.C. Disponibilidade do nitrogênio e produtividade do milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, n. 5, p. 799-804, 2003.

DEBARBA, L. E AMADO, T.J.C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no Sul do Brasil com características de sustentabilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 473-480, 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia**. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

FEROLLA, F. S.; VASQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C. et al. Produção de matéria seca, composição da massa de forragem e relação lâmina foliar/caule + bainha de aveia-

preta e tritcale nos sistemas de corte e de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1512-1517, 2007.

FIGUEROA, E. A. **Efeito imediato de esterco de ave poedeira e culturas de grãos**. Passo Fundo, Abril de 2008. 129p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Passo Fundo.

FLOSS, E. L.; FLOSS, L. G. Cultivo de aveia em sistema de produção. **Revista Plantio Direto**, ed. 97, Passo Fundo, RS. jan-fev, 2007.

FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C. **Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região Centro-Sul do Paraná**. Guarapuava, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2008. 32p.

GOMES, J.A., SCAPIM, C.A., BRACCINI, A.L.; FILHO, P.S.V.; SAGRILO, E.; MOURA, F. Adubação orgânica e mineral, produtividade de milho e características físicas e químicas de um Argissolo vermelho amarelo. **Acta Scientiarum Agronomy** v.27, n.03, 521-529, 2005.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Perfil da Região Geográfica do Oeste Paranaense**. Disponível em: [http://www.ipardes.gov.br/perfil\\_regioes/MontaPerfilRegiao.php?Municipio=105&btOk=ok#me](http://www.ipardes.gov.br/perfil_regioes/MontaPerfilRegiao.php?Municipio=105&btOk=ok#me), Acesso em 24/02/2011.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Uso da aveia como planta forrageira**. Embrapa, Campo Grande, MS, dez. 2000, n.45.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LOMBARDI-NETO, F.; DECHEN, S.C.F.; CONAGIN, A.; BERTONI, J. Rotação de culturas: análise estatística de um experimento de longa duração em Campinas (SP). **Bragantia**, v.61, n.2,p. 127-141, 2002.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; FARIA, L. de A.; LIMA, C. G. de. Resposta da aveia preta (*Avena strigosa* Schereb) à irrigação por aspersão e adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum**. v. 30, n. 3, p. 421- 426, 2008.

MAI, M.E.M.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; SILVEIRA, M.J.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P.S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.125-131, 2003.

MATOS, E.S.R. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.625-632, 2006.

MEDEIROS, G.B.; CALEGARI, A. Sistema Plantio Direto com qualidade: a importância do uso de plantas de cobertura num planejamento cultural estratégico. **Revista Plantio Direto**, edição 102, novembro/dezembro de 2007.

MELLO, S.C.; VITTI, G.C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.3, p. 452-458, 2002.

MELO, R.F.; BRITO, L.T.L.; PEREIRA, L.A.; ANJOS, J. B. Avaliação do Uso de Adubo Orgânico nas Culturas de Milho e Feijão Caupi em Barragem Subterrânea. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 1487-1491, 2009.

MENEZES, J.F.S.; ALVARENGA, R.C.; SILVA, G.P.; KONZEN, E.A.; PIMENTA, F.F. **Cama de frango na agricultura**: perspectivas e viabilidade técnica econômica. Rio Verde: FESURV, 2004. (Boletim técnico, 3).

OLIVEIRA, N.G.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L. ; GUERRA J.G.M. Plantio direto de alface adubada com cama de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, 2006.

PENTEADO, S.R. **Adubação verde e Produção de Biomassa – Melhoria e Recuperação dos Solos**. Campinas – SP: Livros Via Orgânica, 2007. 174p.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1015-1020, 2004.

RAIJ, B.VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres/Potafos, 1991. 343p.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N.; Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, v. 68 n. 3, p. 715-721, 2009.

SEAB - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Análise Da Conjuntura Agropecuária Safra 2010/11**: Milho. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná: Curitiba, SEAB, 2011, 18 p.

SILVA, C. E.K.; VITAL, J.; RONSANI, R.; MENEZES, L.F.G.; PAVINATO, P.S. Utilização de adubação alternativa na produção de silagem. Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária – Zootecnia, 3, 2009. **Anais...** Dois Vizinhos – PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, CD Rom.

SILVA, E. C. et al. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.725-733, 2005.

SILVA, J.C.P.; MOTTA, A.C. V.; PAULETTI, V.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A. S. de; VELOSO, C. M.; SILVA, L. F. C. E. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um

Latossolo Bruno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32 n. 6, p. 2563-2572, 2008.

SILVA, P.R.F., ARGENTA, G., MÉRCIO, L.S., STRIEDER, L. e SILVA, A.A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. *Revista Ciência Rural*, v.36, n.3, p. 1011-1020, 2006.

SOUZA, J.L. de. **Agricultura Orgânica** – tecnologias para a produção de alimentos saudáveis. v.1, EMCAPA, Domingos Martins – ES, 179p., 1998.

SOUZA, L.C.F.; FEDATTO, E.; GONÇALVES, M.C.; ALVES SOBRINHO, T.; HOOGERHEIDE, H.C.; VIEIRA, V.V. Produtividade de grãos de milho irrigado em função da cultura antecessora e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.44-51, 2003.

VASCONCELOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período de inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1835-1845, 1998.

VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELLO, N. A.; DIECKOW, J. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. DE A.; DA SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p.483-493, 2008.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G.P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1997.

## 2 CAPÍTULO 2

### DOSES DE CAMA DE FRANGO NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA E ACUMULO DE NITROGENIO NA AVEIA E DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO EM SUCESSÃO SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL COMPLEMENTAR

#### Resumo

Objetivou-se avaliar a cultura da aveia e o desempenho agronômico do milho submetidos à diferentes combinações de quantidades de cama de frango aplicadas antecipadamente na cultura da aveia complementadas com a adubação química nitrogenada na cultura do milho em sucessão. O estudo foi desenvolvido em condições de campo em Latossolo Vermelho eutroférico sob sistema de plantio direto em fase de implantação. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram obtidos a partir de seis combinações de quantidades crescentes de cama de frango aplicadas na aveia combinadas com a adubação nitrogenada mineral de cobertura aplicada no milho. Na aveia foram estudadas a produção de massa seca e a quantidade de nitrogênio (N) acumulado. No milho estudou-se o teor de N foliar, altura de planta e de inserção da espiga, diâmetro do colmo e de espiga, número de fileiras de grãos e grãos por fileira, massa de 1000 grãos e produtividade. Houve efeito significativo da aplicação da cama de frango para a cultura da aveia, cuja produção de massa seca, teor de N e N acumulado elevaram-se de forma linear com o aumento das doses aplicadas, enquanto para o teor de N foliar do milho foi observada redução linear. A altura de planta, diâmetro de colmo e altura de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos, diâmetro de espiga e a produtividade do milho também foram influenciados pelas adubações, com aumento linear em resposta ao aumento das doses de cama de frango. A aplicação de cama de frango na cultura da aveia propicia aumento da produção de massa seca e acúmulo de maior quantidade de N. A substituição de parte da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango eleva os índices de produtividade da cultura do milho caracterizando-se como alternativa viável para os produtores que possuem esse insumo na propriedade.

**Palavras-chave** – *Avena strigosa*, cama de frango, matéria orgânica, *Zea mays*

# AGRONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE IN RELATION TO THE ADVANCEMENT OF ORGANIC NITROGEN

## Abstract

The objective was to evaluate the oat crop and agronomic performance of maize subjected to different combinations of quantities of poultry litter applied earlier in oat supplemented with chemical fertilizer nitrogen in corn in succession. The study was conducted under field conditions in Oxisol under conventional tillage. The experimental design was randomized blocks with eight treatments and four replications. The treatments were: control (no fertilizer), Conventional (oat crop without fertilizer in winter and summer corn with conventional chemical fertilization) and six combinations of quantities of poultry litter applied on oats combined with mineral N fertilization coverage applied in maize. Oats were studied in the dry mass production and the amount of nitrogen (N) accumulated. In maize studied the leaf N content, plant height and ear height, stem diameter, and ear, number of kernel rows and kernels per row, the 1000 grains and yield. Larger quantities of poultry litter fostered a greater dry matter production and N accumulation in oats. Minor plant height and ear insertion and stem diameter were observed in control, without significance for the remaining variables. The corn yield was satisfactory (8569 kg ha<sup>-1</sup>), suggesting that the substitution of chemical fertilizer or part of mineral nitrogen by chicken litter is characterized as a viable alternative for farmers who produce the raw material on the property.

**Key words** – *Avena strigosa*, poultry litter, organic matter, *Zea mays*

## 2.1 Introdução

A região Oeste do Paraná é caracterizada predominantemente por pequenas propriedades, nas quais os produtores têm suas atividades baseadas na produção de grãos, e na produção animal. Enquanto na produção de grãos se tem a predominância dos cultivos de soja e milho, na produção animal a região apresenta um expressivo número de aviários comerciais.

Como nas demais atividades agropecuárias, a avicultura de corte gera uma grande quantidade de resíduos que, se bem manejados, poderão tornar-se uma importante fonte de renda gerando um modelo de produção sustentável que vem tornando-se cada vez mais uma exigência de mercado (ORRICO JR et al., 2010).

Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos, denominados de cama de frango, são ricos em nutrientes e, por estarem disponíveis nas propriedades a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais (COSTA et al., 2009). A cama de frango é uma importante fonte de nutrientes, especialmente de N, e quando manejada adequadamente, pode suprir parcial ou totalmente, a adubação química (BLUM et al., 2003). Castro et al. (2005) observou teores de N, P e K em cama de aviário de 25,9; 20,6 e 10,0 g kg<sup>-1</sup>, enquanto Andreotti et al. (2005) constataram 19,3; 16,5 e 41,1 g kg<sup>-1</sup>, destes macronutrientes, respectivamente.

Porém, em virtude de os fertilizantes orgânicos não serem nutricionalmente balanceados, há a necessidade de correção com fertilizantes químicos (SAMPAIO et al., 2010), dentre os quais o N. Esse nutriente é o mais caro e requerido em maiores quantidades pela maioria das culturas, principalmente o milho (CRUZ et al., 2008), que respondeu de forma positiva à adubação nitrogenada em cerca de 70 a 90% dos ensaios conduzidos em diversas condições do Brasil (CRUZ et al., 2005).

Apesar da extensa literatura publicada à respeito da adubação nitrogenada na cultura do milho, são escassos os trabalhos que abordam a sua combinação com a adubação orgânica. Dessa forma, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o desempenho agrônômico do milho submetido à combinações de diferentes quantidades de cama de frango aplicadas antecipadamente na cultura da aveia, com a adubação química nitrogenada na cultura do milho em sucessão.

## 2.2 Material e métodos

O estudo foi desenvolvido em condições de campo, na fazenda experimental “Professor Antonio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33' 22" S e longitude 54° 03' 24" W, com altitude aproximada de 400 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (CRITCHFIELD, 1960), é do tipo Cfa mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C (IAPAR, 2007). Os dados climáticos foram obtidos na estação climatológica automática da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, distante cerca de 300 m da área experimental e são apresentados na Figura 01.

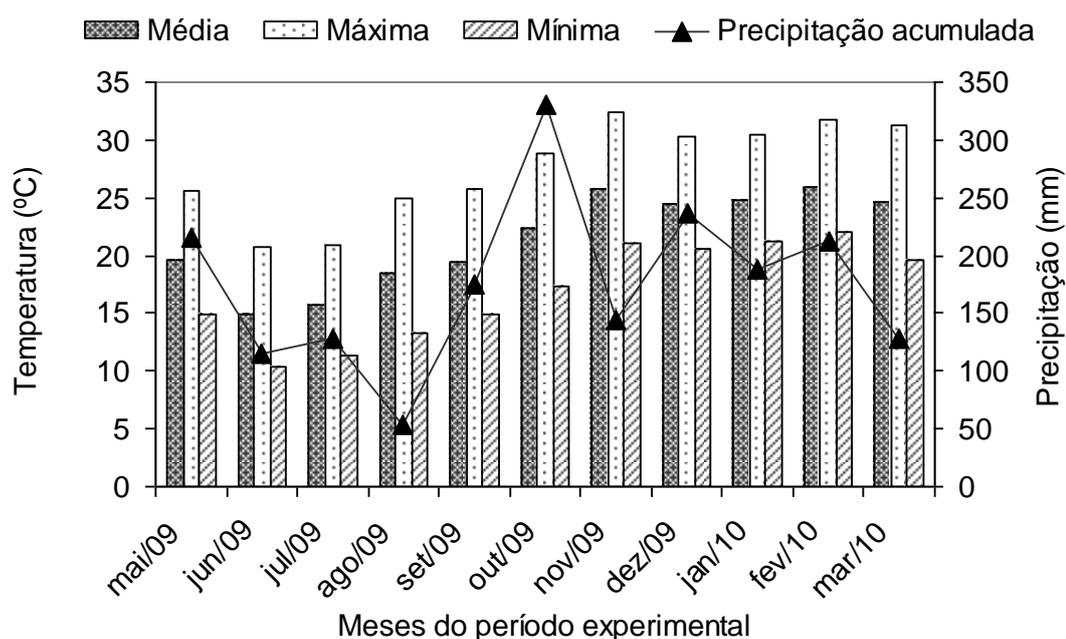


Figura 01 – Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) (EMBRAPA, 2006). A área estava sob sistema de plantio convencional, obedecendo à rotação de culturas soja/milho/aveia, e por ocasião da implantação do experimento foi preparada mecanicamente com auxílio de grade pesada seguida da passagem de grade niveladora. A caracterização química foi obtida após o preparo do solo

através de amostragem realizada na camada de 0-20 cm com posterior análise química em laboratório no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Unioeste, Campus Marechal Cândido Rondon, PR (Tabela 01).

Tabela 01. Características químicas na camada de 0-20 cm do solo da área implantada com o experimento. Unioeste, Marechal Cândido Rondon – PR, 2011.

P <sup>(1)</sup>	MO <sup>(4)</sup>	pH	Al+H <sup>(3)</sup>	Al <sup>(2)</sup>	K <sup>(1)</sup>	Ca <sup>(2)</sup>	Mg <sup>(2)</sup>	SB	CTC	V	Al
mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			-----				%	
20,20	25,29	5,43	6,48	0,00	0,37	4,87	0,58	6,82	12,30	55,28	0,00

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich - 1; <sup>(2)</sup> Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>(3)</sup> pH SMP (7,5); <sup>(4)</sup> Método Walkey-Black; Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Unioeste, Campus Marechal Cândido Rondon, PR.

A cama de frango utilizada no experimento foi obtida em aviário comercial destinado a engorda de frangos de corte, e no momento da coleta possuía em sua composição física uma camada de 10 cm de maravalha e os resíduos da engorda de quatro lotes de frangos com período de 42 dias cada. Após amostragem e análise em laboratório (EMBRAPA, 2009) foi obtida a seguinte composição química: N: 67,38 g kg<sup>-1</sup>; P: 11,18 g kg<sup>-1</sup>; K: 25,75 g kg<sup>-1</sup>; Ca: 22,30 g kg<sup>-1</sup>; Mg: 2,70 g kg<sup>-1</sup>; Cu: 69,00 mg kg<sup>-1</sup>; Zn: 610,00 mg kg<sup>-1</sup>; Mn: 460,00 mg kg<sup>-1</sup>; Fe: 8360,00 mg kg<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com seis tratamentos (Tabela 02) e quatro repetições totalizando 24 unidades experimentais com área total de 40 m<sup>2</sup> (5 x 8 m) e área útil de 18 m<sup>2</sup> (3 x 6 m) cada. Os tratamentos foram obtidos com a combinação de diferentes quantidades de cama de frango aplicadas antes da semeadura da aveia combinadas com a adubação nitrogenada mineral de cobertura aplicada na cultura do milho, visando o fornecimento total de 140 kg ha<sup>-1</sup> de N para as duas culturas (Tabela 02). As quantidades de cama de frango estudadas foram estimadas com base na análise química, considerando um índice de eficiência na liberação dos nutrientes (da forma orgânica para a forma mineral), de acordo com a CQFSRS/SC – RS (COMISSÃO..., 2004) de 50% para o N, 80% para o P e 100% para o K no primeiro ano de cultivo. Para o cálculo da quantidade de N a ser fornecida pela cama de frango, foram considerados 50% do N mineralizável para a cultura da aveia e 50% para a cultura do milho.

Tabela 02. Detalhamento dos tratamentos utilizados no experimento. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.

Doses de cama de frango (kg ha <sup>-1</sup> )	Aveia			Milho	Quantidade final de nitrogênio fornecido (kg ha <sup>-1</sup> )
	Nutrientes fornecidos pela cama de frango (kg ha <sup>-1</sup> )			Cobertura* (kg ha <sup>-1</sup> )	
	N	P	K	N	
0	0	0	0	140	140
1500	24	39	74	116	140
3000	49	78	149	91	140
4500	73	116	223	67	140
6000	97	155	297	43	140
7500	121	194	371	19	140

\*Uréia (45% N).

A cama de frango foi aplicada manualmente com 30 dias de antecedência à semeadura da cultura da aveia com posterior incorporação com grade niveladora. A adubação nitrogenada mineral complementar à cama de frango foi aplicada quando a cultura do milho encontravam-se no estágio de desenvolvimento V<sub>4</sub> (Tabela 02). Para tal foi utilizada como fonte de N a uréia, cuja distribuição foi realizada manualmente à lanço e em área total, sem incorporação, porém com a observação das condições ideais de precipitação e umidade do solo para assegurar a redução nas perdas de N.

A cultura da aveia foi implantada em maio de 2009, de forma mecanizada com auxílio de semeadora tratorizada e densidade de 70 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, sem a utilização de adubação química. Não houve a necessidade de tratos culturais durante o seu desenvolvimento, pois não houve incidência de plantas daninhas ou do ataque de pragas e doenças. As avaliações foram realizadas em setembro de 2009, ao findar do ciclo vegetativo da aveia. Para a avaliação da produção de massa seca, um quadrado metálico com área conhecida (0,25 m<sup>2</sup>) foi lançado ao acaso em cada parcela e todo material contido no seu interior foi coletado e embalado em saco plástico para determinação da massa fresca. Da amostra inicial, uma subamostra foi submetida à secagem em estufa com ventilação forçada de ar sob temperatura de 55°C para determinação dos teores de matéria seca. A partir da produção de massa fresca e dos teores de matéria seca foram determinadas as produtividades de massa seca por hectare. Para a determinação do teor de N após a secagem as amostras foram moídas e submetidas à digestão sulfúrica e destilação por arraste de vapores em sistema semi-microkjeldal segundo Embrapa (2009). A quantidade de N

retido na massa seca foi obtida a partir da razão entre o teor de N e a produção de massa seca.

A implantação da cultura do milho foi realizada em 29 de outubro de 2009, utilizando-se o híbrido triplo CD 384, com espaçamento entre linhas de 0,70 m, e 4,2 sementes por metro linear, objetivando-se uma densidade populacional de de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Antes da semeadura do milho a área experimental foi dessecada, utilizando-se o herbicida glifosato (1.800 g ha<sup>-1</sup> do i.a.) com volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>. Durante o desenvolvimento da cultura do milho não houve a necessidade de controle de plantas daninhas, e os demais tratamentos culturais foram realizados conforme a necessidade.

Por ocasião do surgimento da inflorescência feminina foi realizada amostragem foliar segundo Malavolta (1997) para diagnose do teor de N foliar. Após a amostragem, as folhas tiveram a nervura central descartada e foram submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar sob temperatura de 55°C para durante 72 horas, para posterior moagem e determinação dos teores de N segundo a metodologia proposta por Embrapa (2009).

A determinação das características biométricas foi realizada em 10 plantas escolhidas ao acaso dentro da área útil de cada parcela. Foram determinados o diâmetro do colmo (com auxílio de paquímetro digital mensurado no primeiro entre nó visível a partir da superfície do solo), a altura de plantas (mensurada com trena métrica sendo considerada a distância entre a superfície do solo e a inserção da última folha completamente expandida) e altura de inserção da espiga (mensurada com trena métrica sendo considerada a distância entre a superfície do solo e a base da inserção da primeira espiga). Após as avaliações biométricas foi realizada a colheita manual (março de 2010) com a coleta de todas as espigas da área útil de cada parcela. Destas, foram tomadas 10 espigas ao acaso para a determinação do número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira (através de contagem manual), diâmetro das espigas (com auxílio de paquímetro digital) e comprimento de espigas (com auxílio de régua graduada em centímetros). Para a determinação da produtividade e massa de 100 grãos, todas as espigas colhidas na área útil foram submetidas à trilha mecanizada com auxílio de um batedor de cereais tratorizado. A produtividade foi estimada através da pesagem dos grãos obtidos com a trilha e correção para kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a massa de 100 grãos foi estimada a partir

da contagem manual e pesagem de oito amostras de 100 grãos. Ambas tiveram a umidade corrigida para 13% com auxílio de determinador de umidade digital.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as doses de cama de frango foram estudadas por meio de análise de regressão.

## **2.3 Resultados e discussão**

### **2.3.1 Características da aveia preta**

Houve efeito significativo da aplicação da cama de frango para a cultura da aveia, cuja produção de massa seca, teor de N e N acumulado elevaram-se de forma linear com o aumento das doses aplicadas (Figura 02). Esse resultado está relacionado com a quantidade de nutrientes adicionados ao solo, principalmente N, P, e K presentes na cama de frango (67,38; 11,18 e 25,75 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente). A mineralização desses nutrientes os torna disponíveis no solo, e ao serem absorvidos contribuem para o aumento no desenvolvimento das plantas com conseqüente maior produção de massa seca. Segundo Mello e Vitti (2002) a baixa relação C/N da cama de frango favorece a rápida mineralização do N e sua disponibilização às plantas. Ceretta et al. (2005); Aita et al. (2006) e Mondardo et al. (2011) também obtiveram aumento nos teores de N na massa seca da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos líquido suíno, enquanto Mai et al. (2003) estudando a adubação nitrogenada mineral na cultura da aveia também observaram aumento no acúmulo de N em resposta às doses aplicadas. Steiner et al. (2009), avaliando o acúmulo de massa seca e N pela aveia (IAPAR 61) em função da adubação orgânica e mineral concluíram que as quantidades de fertilizantes orgânicos e mineral influenciam positivamente o acúmulo de N na parte aérea da cultura.

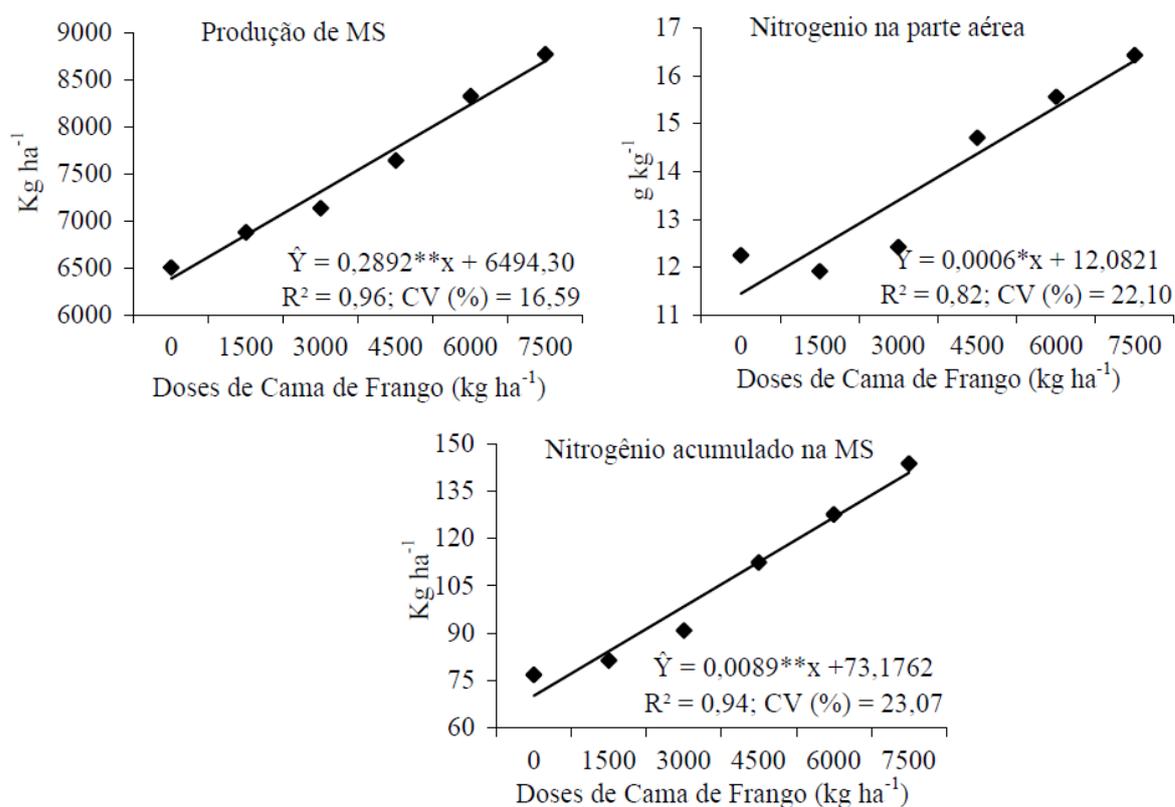


Figura 02. Massa seca, teor de N total e quantidade de N retido na massa seca da aveia preta em função da aplicação de cama de frango. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.

### 2.3.2 Nutrição e biometria das plantas de milho

Houve efeito significativo da aplicação da cama de frango sobre o teor de N foliar, que decresceu linearmente em resposta às doses aplicadas (Figura 03). Esse resultado está relacionado com o efeito de diluição, decorrente do aumento da produção de massa seca (REHM, 1987). Com esse efeito, o acúmulo de massa seca ocorre numa velocidade que excede a capacidade das plantas de absorver os nutrientes, fazendo com que sua concentração por unidade de massa seca seja reduzida. Resultados semelhantes foram obtidos por Ceretta et al. (2005), que ao reduzirem a quantidade de N mineral aplicado em cobertura no milho em sucessão à aveia, também observaram redução no teor de N no tecido do milho.

A altura de planta, diâmetro de colmo e altura de espiga também foram influenciados pela adubação com cama de frango na aveia e adubação nitrogenada no milho. Para as características citadas foi observado aumento linear em resposta ao aumento das doses de cama de frango (Figura 03). Esse resultado pode estar relacionado com uma disponibilização de N mais equilibrada para o milho nos tratamentos com maiores doses de cama de frango, pois segundo Ritchie et al. (1993), apesar de as exigências nutricionais do milho nos estádios iniciais de desenvolvimento serem baixas, altas concentrações de nutrientes na zona radicular são benéficas por promoverem um bom arranque inicial das plantas. Daga et al. (2009) ao estudarem a aplicação de cama de frango na cultura do milho também observaram aumentos da altura de plantas e no diâmetro do colmo. Fiorese e Ceretta (2006) ao estudarem a aplicação de cama de frango e cama de suínos associadas à adubação mineral na cultura da batata encontraram os melhores resultados quando utilizaram a cama de frango. Segundo Padovan et al. (2002), o esterco bovino e a cama de frango têm sido utilizados como fonte de nutrientes principalmente em sistemas orgânicos. A utilização desses estercos proporciona ainda, o aumento da disponibilidade de nutrientes ao longo do tempo por equilibrar os processos de imobilização e mineralização, aumentando a eficiência por parte das plantas no uso dos nutrientes disponibilizados (SILVA et al., 2004).

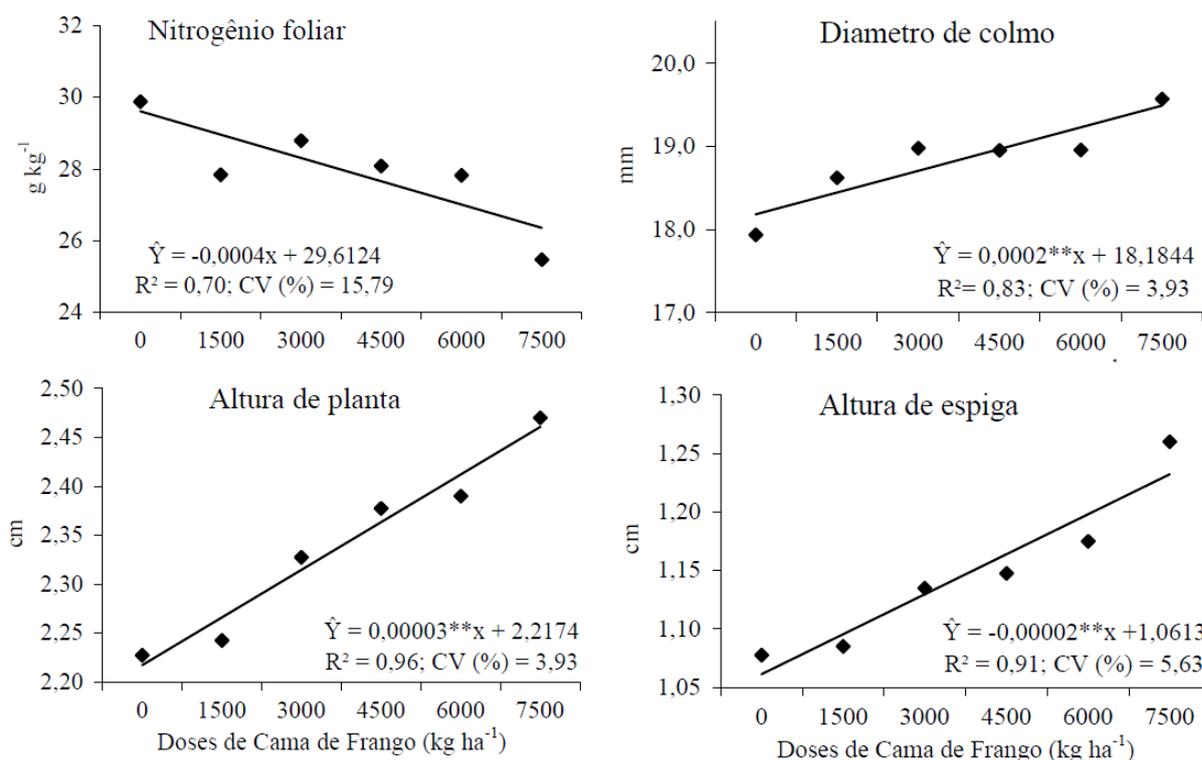


Figura 03. Teor de N foliar, diâmetro de colmo, altura de planta e altura de inserção de espiga do milho em função da adubação antecipada na aveia com cama de frango e adubação nitrogenada no milho. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.

### 2.3.3 Componentes de produção e produtividade do milho

A aplicação da cama de frango afetou significativamente o número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos, diâmetro de espiga e a produtividade do milho (Figura 4), que se elevaram em resposta às doses aplicadas. Apesar de o número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileira serem características determinadas geneticamente, a aplicação da cama de frango proporcionou incrementos nessas características que se refletiram em aumento de produtividade. O aumento no diâmetro de espiga está relacionado com o aumento do tamanho dos grãos, confirmado pelo aumento da massa de mil grãos.

Como consequência dos resultados observados para as demais características, a produtividade do milho elevou-se em aproximadamente 300 kg para cada 1000 kg de cama de frango aplicados. Esse resultado está relacionado

com a disponibilização de nutrientes para as plantas, pois segundo Toebe et al. (2007) a aplicação adequada de matéria orgânica pode suprir as necessidades das plantas em alguns macronutrientes e micronutrientes, devido à elevação de seus teores no solo. No estudo de Daga et al. (2009), os autores também observaram aumento da massa de grãos, enquanto a produtividade elevou-se com a aplicação de cama de frango na cultura do milho até a dose de 7500 kg ha<sup>-1</sup>. Ceretta et al. (2005), trabalhando com a aplicação de dejetos líquidos suínos também obtiveram aumentos de produtividade com o aumento das doses nos dois anos agrícolas do estudo, ao passo que Léis, et al. (2009), também observaram efeitos positivos da utilização de adubos orgânicos de suínos no rendimento da cultura do milho.

Segundo Reina et al. (2010) um dos fatores mais discutidos na cultura do milho é a manutenção da produtividade, porém, em sistemas com uso exclusivo de esterco, produtividades adequadas são obtidas e mantidas apenas após alguns anos de aplicação. Ferguson et al. (2005) concluíram que a adubação com esterco ao longo de 10 anos após a primeira aplicação, consegue não só manter a produtividade como também elevá-la a altos patamares. Esses resultados estão associados à matéria orgânica adicionada ao solo, que apresenta efeitos imediatos e residuais por meio de um processo mais lento de decomposição e liberação de nutrientes (VIANA; VASCONCELOS, 2008).

As produtividades encontradas no presente estudo constituem um resultado relevante para o contexto regional. O N não é apenas o nutriente exigido em maior quantidade e o que mais influencia na produtividade do milho, mas também, o que mais onera os custos de produção (SILVA et al., 2005; AMADO et al., 2002), portanto, o manejo da adubação nitrogenada a fim de aumentar sua eficiência, é fator importante na busca de melhores produtividades (SILVA et al., 2005).

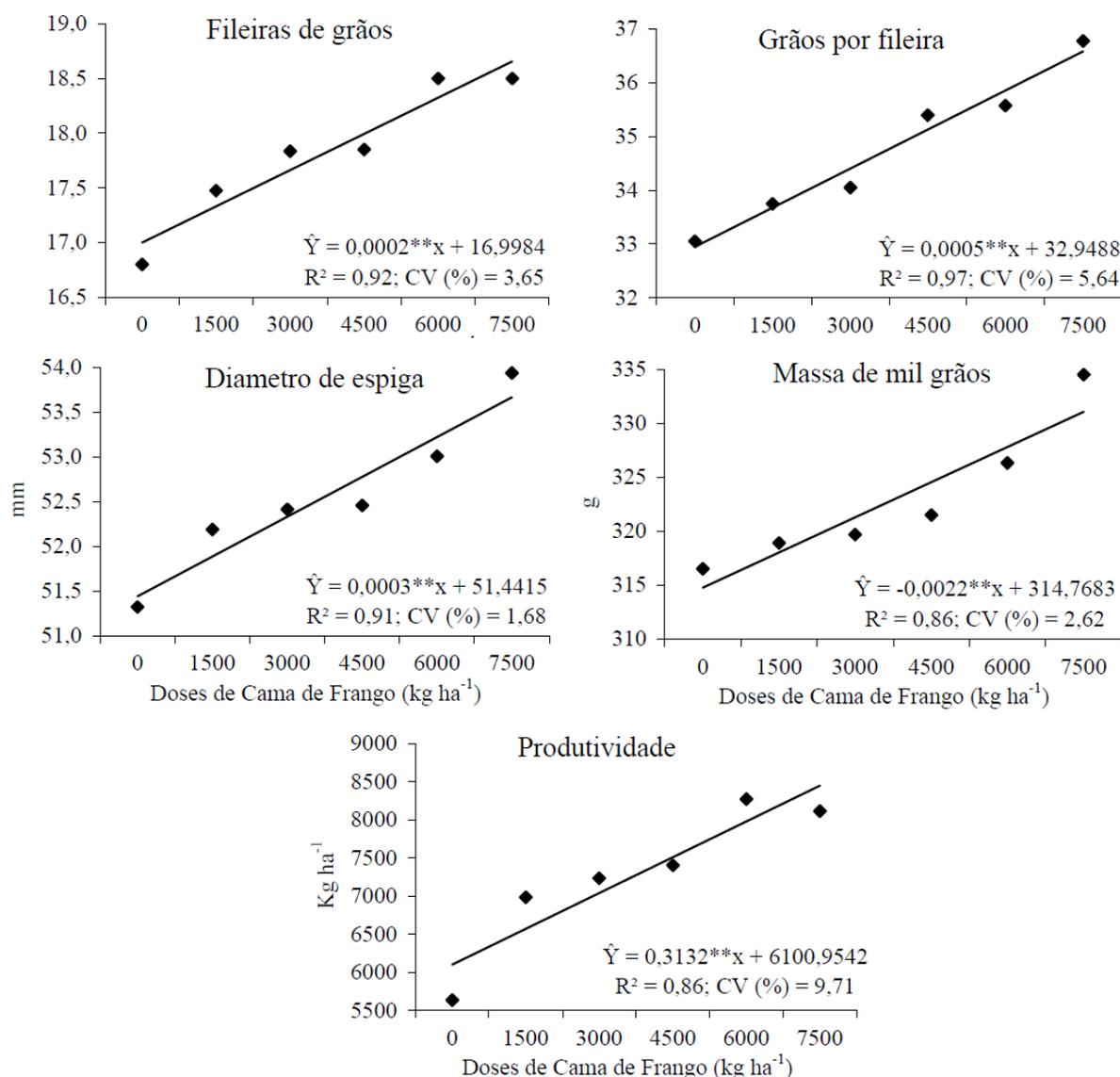


Figura 4. Número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, diâmetro de espiga, massa de mil grãos e produtividade do milho em função da adubação antecipada na aveia com cama de frango e adubação nitrogenada no milho. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.

A substituição de parte da adubação nitrogenada mineral pela adubação orgânica pode ser uma alternativa para a redução nos custos de produção de milho na região Oeste do Paraná, especialmente para as propriedades que possuem aviários comerciais e produzem esse insumo, possibilitando a implantação de modelos de produção mais sustentáveis em relação aos atualmente adotados. A aplicação antecipada da adubação nitrogenada em relação à semeadura do milho favorece a sustentabilidade dos sistemas produtivos por compensar a imobilização inicial causada pelos microrganismos do solo, liberando mais rapidamente este

nutriente no solo e satisfazendo tanto a necessidade de N dos microrganismos decompositores como das plantas de milho (WOLSCHICK et al., 2008).

## 2.4 Conclusão

A aplicação de cama de frango na cultura da aveia propicia aumento da produção de massa seca e acúmulo de maior quantidade de N.

A substituição de parte da adubação nitrogenada mineral pela cama de frango eleva os índices de produtividade da cultura do milho caracterizando-se como alternativa viável para os produtores que possuem esse insumo na propriedade.

## 2.5 Referências Bibliográficas

AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S. J. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.5, p. 901-910, 2006.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.1, p.241-248, 2002.

ANDREOTTI, M.; NAVA, I.A.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V.F.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na “safra das águas”. **Acta Scientiarum Agronomia**, v.27, n.4, p.595-602, 2005.

BLUM, L.E.B.; AMARANTE, C.V.T.; GÜTTLER, G.; MACEDO, A.F.; KOTHE, D.M.; SIMMLER, A. O.; PRADO, G.; GUIMARÃES, L.S. Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p.627-631, 2003.

CASTRO, C.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; CARVALHO, J.F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.5, p.495-502, 2005.

CERETTA, C. A.; BASSO, C.J.; PAVINATO, P.S.; TRENTIN, E.F.; GIROTTO, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 06, p. 1287-1295, 2005.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

COSTA, A.M. BORGES, E.N.; SILVA, A.A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E.C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência agrotecnológica**. v.33, p. 1991-1998, 2009.

CRITCHFIELD, H.J. **General climatology**. Englewood Cliffs. Prentice-Hall. 1960. 465p.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F. P.; PEREIRA FILHO, I. A.; COELHO, A. M. **Resposta de cultivares de milho à adubação nitrogenada em cobertura**. Sete Lagoas: EMBRAPA. Dezembro, Comunicado Técnico 116, P. 65, 2005.

CRUZ, S. C. S. et al. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.12, n.4, p. 370-375, 2008.

DAGA, J.; RICHART, A.; NOZZAKI, M.H.; ZANETTI, T.A.; ZANETTI, R.D. Desempenho do milho em função da adubação química e orgânica. **Synergismus scientifica UTFPR**, v. 4, n. 1, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, Embrapa Informações Tecnológica, 2009. 627p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

FERGUSON, R. B.; NIENABER, J. A.; EIGENBERG, R. A.; WOODBURUY, B. L. Long-term effects of sustained beef feedlot manure application on soil nutrients, corn silage yield, and nutrient uptake. **Journal of Environmental Quality**, v. 34, p. 1672-1681, 2005.

FIGLIAREZZA, C.; CERETTA, C.A. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p. 1788-1793, 2006.

IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://200.201.27.14/Site/Sma/CartasClimáticas/ClassificacaoClimáticas.htm>>. Acesso em: 30 maio 2007.

LÉIS, C. A.; COUTO, R. R.; DORTZ BACH, D.; COMIN, J. J.; SARTO, L. R. Rendimento de milho adubado com dejetos de suínos em sistema de plantio direto sem o uso de agrotóxicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3814-3817, 2009.

MAI, M.E.M.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; SILVEIRA, M.J.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P.S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.125-131, 2003.

MALAVOLTA E.; VITTI G.C.; OLIVEIRA S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, p. 319 1997.

MELLO, S.C.; VITTI, G. C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.3, p. 452-458, 2002.

MONDARDO, D.; CASTAGNARA, D.D.; OLIVEIRA, P.S.R.; ZOZ, T.; MESQUITA, E.E. Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejetos líquidos suíno. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 2, p. 509-517, 2011.

ORRICO JUNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A. e LUCAS JUNIOR, J. Biodigestão anaeróbia dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.546-554, 2010.

PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D.; NDIAYE, A. Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1705-1710, 2002.

REHM, G.W. Application of phosphorus and sulfur on irrigated alfalfa. **Agronomy Journal**, v.79, n.3, p.973-979, 1987.

REINA, E.; AFFÉRI, F.S.; CARVALHO, E.V.; DOTTO, M.A.; PELUZIO, J.M. Efeito de doses de esterco bovino na linha de semeadura na produtividade de milho. **Revista Verde**, v.5, n.5, p. 158 – 164, 2010.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1993. 21p. (Special Report, 48)

SAMPAIO, S. C.; FIORI, M.G. S.; OPAZO, M.A. U.; NOBREGA, L.H. P.. Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivado com milho irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.1, p. 138-149, 2010.

SILVA, J.; LIMA E SILVA, P.S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA E SILVA, K.M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, n.2, v.22, p.326-331, 2004.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S.M.; SILVA, G.P.; ASSIS, R.L.; GUIMARÃES, G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.725-733, 2005.

STEINER, F.; CZYCZA, R.V.; FEY, R.; ZOZ, T.; GUIMARÃES, V.F. Acúmulo de matéria seca e nitrogênio da aveia preta pela adubação orgânica e mineral. **Global Science and Technology**, v. 03, n. 8, p. 55-66, 2009.

TOEBE, M.; CASSALI, C. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; SANTOS, D. R. dos.; DENEGA, G. L. Efeitos da adubação sobre a fauna do solo e na produtividade de culturas. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Gramado, 2007. **Resumos...** Gramado: SBCS, 2007.

VIANA, E.M; VASCONCELOS, A.C.F. Produção de alface adubada com termofosfato e adubos orgânicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 02, p. 217-224, 2008.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; JADOSKI, S.O. Adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com "El Niño". **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.1, p. 7-14. 2008.

### 3 CAPÍTULO 3

## ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRRICO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL

### Resumo

O experimento foi conduzido em condições de campo, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, com o objetivo de avaliar os atributos químicos de um Latossolo Vermelho eutroférico sob diferentes combinações de adubação orgânica e mineral. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 6X3, com seis combinações de quantidades crescentes de cama de frango aplicadas na aveia combinadas com a adubação nitrogenada mineral de cobertura aplicada no milho e três profundidades de amostragem. Foram estudados os teores de P, MO, pH, acidez potencial, alumínio trocável, K, Ca, Mg, soma de bases e saturação por bases. Os teores de P elevaram-se linearmente com as doses de cama de frango aplicadas e foram reduzidos com o aumento das profundidades de amostragem. Para a MO, acidez potencial e Al trocável houve aumento linear em resposta às doses de cama de frango. O pH, K, Ca, Mg, soma de bases e saturação por bases decresceram linearmente com o aumento das doses, enquanto para as profundidades, valores inferiores de pH, K, Ca, soma de bases e saturação por bases foram obtidos nas camadas superficiais, e não houveram diferenças para Mg. A capacidade de troca de cátions foi afetada pela interação dos fatores, apresentando aumento linear nas camadas de 0-5 e 10-15 cm e redução linear na camada intermediária (10-15 cm). A utilização de cama de frango associada à adubação nitrogenada mineral altera os atributos químicos do solo, elevando os teores de P e de matéria orgânica no solo. Entretanto reduz o pH, K, Ca, Mg, soma de bases e saturação por bases, elevando a acidez potencial e o Al trocável com o aumento das proporções de cama de frango em relação à adubação nitrogenada mineral.

**Palavras-chave:** acidez potencial, capacidade de troca de cátions, matéria orgânica

# CHEMICAL PROPERTIES OF A OXISOL TO ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION

## Abstract

The experiment was conducted under field conditions at the Experimental Farm of the State University of Paraná, with the aim of evaluating the chemical attributes of an Oxisol under different combinations of organic and mineral fertilizer. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 8x3, with eight pairs of organic and mineral fertilizer and three sampling depths. The soil organic matter was not affected by fertilization, been higher in the surface layer (0-5 cm). The highest levels of P fertilization were obtained with higher amounts of poultry litter, which also caused a reduction in soil pH and increase acidity potential. Higher concentration of K was obtained with the absence of fertilization, while the Ca and Mg were reduced with the application of higher amounts of poultry litter, also causing a reduction in the cation exchange capacity (CEC). Higher values of CEC and exchangeable Al when using conventional chemical fertilizer and fertilizer with the highest proportions of chicken manure. The use of poultry litter associated with mineral N fertilization alters the chemical properties of soil, raising the levels of soil P without altering organic matter, but lowers the pH, Ca, Mg, increasing potential acidity, the cation exchange capacity and exchangeable Al with increasing proportions of poultry litter in relation to mineral nitrogen.

**Key-Words:** potential acidity, cation exchange capacity, organic matter

### 3.1 Introdução

Com o aumento dos custos da adubação mineral, o agricultor passou a ter uma nova visão sobre a adubação orgânica, dando importância à utilização de resíduos que, normalmente, eram descartados na propriedade (SOUTO et al., 2005). A região oeste do Paraná caracteriza-se pela criação intensiva de aves (frango de corte), por isso a utilização da cama de frango é uma prática muito comum entre os produtores rurais. Como a cama utilizada para o alojamento dos animais permanece no aviário comercial, servindo de suporte para até seis ciclos de engorda de frangos, transforma-se em material rico em nutrientes e em matéria orgânica (BIAVATTI, 2007).

Dessa forma, a aplicação do resíduo da produção de frangos de corte no solo, pode proporcionar alterações nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Os atributos químicos especificamente, dizem respeito à capacidade de reter e fornecer nutrientes para as raízes e possibilitar reações químicas entre os seus componentes (PENTEADO, 2007).

Dentre os atributos químicos alteradas através da adição de resíduos orgânicos ao solo, têm-se o aumento dos teores de matéria orgânica, com conseqüentes alterações no pH e na saturação por bases, complexação e precipitação do alumínio da solução do solo (MELLO; VITTI, 2002) por grupos funcionais orgânicos (VEZZANI et al., 2008). As alterações no pH são muito importantes do ponto de vista de crescimento das plantas, porque essa característica do solo tem influência na disponibilidade de vários nutrientes para as plantas (PENTEADO, 2007).

Melo et al. (2009), estudando a aplicação de esterco de caprino curtido obtiveram aumentos nos teores de P, K, Mg, saturação por bases e pH enquanto Silva et al. (2008) avaliando a aplicação de esterco líquido de gado leiteiro combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um Latossolo Bruno constataram incrementos no valor do pH, acidez potencial e nos teores Ca e Mg, nas camadas superficiais do solo.

Entretanto, os trabalhos que contemplam a adição de adubos orgânicos avaliam o efeito desses fertilizantes no primeiro cultivo, havendo necessidade de estudos que contemplem o efeito residual para os cultivos seguintes (FIGUEROA, 2008). Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo estudar as alterações

nos atributos químicos do solo a partir da aplicação de cama de frango na cultura da aveia com subsequente nivelamento da adubação nitrogenada para a cultura do milho em Latossolo Vermelho eutroférico.

### 3.2 Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em condições de campo, na fazenda experimental “Professor Antonio Carlos dos Santos Pessoa” (latitude 24° 33' 22" S e longitude 54° 03' 24" W, com altitude aproximada de 400 m), pertencente à Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon.

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) (EMBRAPA, 2006). A área vinha sendo mantida sob sistema de plantio convencional, obedecendo à rotação de culturas soja/milho/aveia, e por ocasião da implantação do experimento foi preparada mecanicamente com auxílio de grade pesada seguida de grade niveladora. A caracterização química foi obtida após o preparo do solo através de amostragem realizada na camada de 0-20 cm com posterior análise química no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Unioeste, Campus Marechal Cândido Rondon, PR (Tabela 03).

Tabela 03. Características químicas na camada de 0-20 cm do solo da área implantada com o experimento. Unioeste, Marechal Cândido Rondon – PR, 2011.

P <sup>(1)</sup>	MO <sup>(4)</sup>	pH	Al+H <sup>(3)</sup>	Al <sup>(2)</sup>	K <sup>(1)</sup>	Ca <sup>(2)</sup>	Mg <sup>(2)</sup>	SB	CTC	V	Al
mg.dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----				%				
20,20	25,29	5,43	6,48	0,00	0,37	4,87	0,58	6,82	12,30	55,28	0,00

<sup>(1)</sup> Extrator Mehlich - 1; <sup>(2)</sup> Extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; <sup>(3)</sup> pH SMP (7,5); <sup>(4)</sup> Método Walkley-Black; Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental da Unioeste, Campus Marechal Cândido Rondon, PR.

A cama de frango utilizada no experimento foi obtida em aviário comercial destinado a engorda de frangos de corte, e no momento da coleta possuía em sua composição física uma camada de 10 cm de maravalha e os resíduos da engorda de quatro lotes de frangos com período de 42 dias cada. Após amostragem e análise em laboratório (EMBRAPA, 2009) foi obtida a seguinte composição química: N: 67,38 g kg<sup>-1</sup>; P: 11,18 g kg<sup>-1</sup>; K: 25,75 g kg<sup>-1</sup>; Ca: 22,30 g kg<sup>-1</sup>; Mg: 2,70 g kg<sup>-1</sup>; Cu: 69,00 mg kg<sup>-1</sup>; Zn: 610,00 mg kg<sup>-1</sup>; Mn: 460,00 mg kg<sup>-1</sup>; Fe: 8360,00 mg kg<sup>-1</sup>.

Os dados climáticos foram monitorados durante os nove meses do período experimental (05/2009 à 03/2010) por meio de estação climatológica automática pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná e instalada à cerca de 300 m da área experimental. A precipitação total observada durante o período foi de 1926 mm e as temperaturas se mantiveram entre 10 e 33°C (Figura 02).

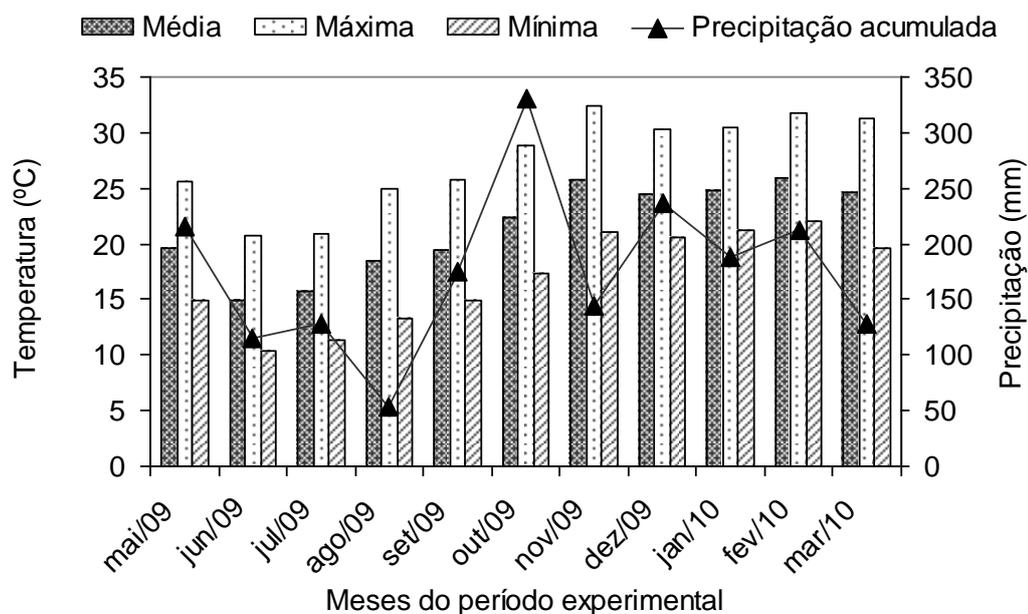


Figura 05 – Médias mensais das temperaturas máxima, mínima e média e precipitação pluviométrica acumulada durante os meses do período experimental.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 6X3, com seis manejos da adubação (Tabela 04), três profundidades de amostragem e quatro repetições. As parcelas experimentais possuíam dimensões de 5 x 8 m, com área total de 40 m<sup>2</sup>. Os manejos de adubação estudados consistiram em doses de cama de frango aplicadas antes da semeadura da aveia combinadas com a adubação nitrogenada mineral de cobertura aplicada na cultura do milho, visando o fornecimento total de 140 kg ha<sup>-1</sup> de N para as duas culturas (Tabela 04). As doses de cama de frango foram estimadas com base na análise química, considerando um índice de eficiência na liberação dos nutrientes (da forma orgânica para a forma mineral), de acordo com a CQFSRS/SC – RS (COMISSÃO..., 2004) de 50% para o N, 80% para o P e 100% para o K no primeiro ano de cultivo. Para o cálculo da quantidade de N a ser fornecida pela cama de

frango, foram considerados 50% do N mineralizável para a cultura da aveia e 50% para a cultura do milho.

Tabela 04. Detalhamento dos tratamentos utilizados no experimento. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.

Doses de cama de frango (kg ha <sup>-1</sup> )	Aveia			Milho	Quantidade final de nitrogênio fornecido (kg ha <sup>-1</sup> )
	Nutrientes fornecidos pela cama de frango (kg ha <sup>-1</sup> )			Cobertura* (kg ha <sup>-1</sup> )	
	N	P	K	N	
0	0	0	0	140	140
1500	24	39	74	116	140
3000	49	78	149	91	140
4500	73	116	223	67	140
6000	97	155	297	43	140
7500	121	194	371	19	140

\*Uréia (45% N).

A cama de frango foi aplicada após o preparo do solo, com posterior incorporação com grade niveladora. A cultura da aveia foi implantada em maio de 2009, aos 30 dias após a aplicação e incorporação da cama de frango, de forma mecanizada com auxílio de semeadora tratorizada e densidade de 70 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, sem a utilização de adubação química.

Por ocasião da semeadura da cultura do milho, a aveia já havia finalizado seu ciclo vegetativo, no entanto a área foi dessecada para o controle de plantas daninhas por meio da aplicação de glifosato (1.800 g ha<sup>-1</sup> do i.a.), com volume de calda de 250 L ha<sup>-1</sup>. A implantação do híbrido triplo de milho CD 384, foi realizada em 29 de outubro de 2009, com espaçamento entre linhas de 0,70 m, e 4,2 sementes por metro linear, objetivando-se uma densidade populacional de de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Durante o desenvolvimento da cultura do milho foram realizados os tratos culturais necessários para assegurar o seu desenvolvimento. A adubação nitrogenada mineral em cobertura foi aplicada quando as plantas de milho encontravam-se no estágio de desenvolvimento V<sub>4</sub>. Para tal foi utilizada como fonte de N a uréia, cuja distribuição foi realizada manualmente à lanço e em área total, sem incorporação, porém com a observação das condições ideais de precipitação e umidade do solo para assegurar a redução nas perdas de N. A colheita foi realizada em março de 2009, com auxílio de colhedora motriz.

A amostragem do solo foi realizada 7 dias após a colheita da cultura do milho com auxílio de trado holandês em três profundidades (0-5; 5-10 e 10-15 cm). Foram amostrados cinco pontos aleatórios em cada parcela para compor uma amostra composta para cada camada de solo. Após a amostragem, o solo foi homogeneizado e embalado em sacos plásticos identificados e limpos para posterior secagem ao ar e à sombra e condução ao laboratório.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da Unioeste Campus Marechal Cândido Rondon, segundo as metodologias descritas por PAVAN (1992).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, as doses de cama de frango foram comparadas por meio de análise de regressão, enquanto as profundidades foram comparadas através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### **3.3 Resultados e Discussão**

#### **3.3.1 Fósforo, matéria orgânica, pH e acidez potencial**

Houve efeito significativo dos manejos da adubação ( $P < 0,05$ ) e das profundidades ( $P < 0,01$ ) sobre os teores de P no solo (Figura 06). Os teores de P elevaram-se linearmente com as doses de cama de frango aplicadas (Tabela 10). Os maiores teores de P decorridos da aplicação da maior quantidade de cama de frango se devem às maiores quantidade de P fornecidas. Resultados semelhantes foram obtidos por Ceretta et al., (2003), que observaram aumentos nos teores de P do solo com a aplicação de dejetos líquidos suínos em uma pastagem natural. Motavalli & Miles (2002), trabalhando com dejetos bovinos também observaram aumentos nos teores de P na camada superficial (0–20 cm). Segundo Durigon et al., (2002), o incremento na disponibilidade do P será tanto maior quanto menor for a quantidade desse nutriente exportada pelas colheitas e menor for a capacidade de adsorção do solo. A grande capacidade de adsorção de P dos solos ricos em óxidos de ferro e alumínio nesse caso parece ter sido compensada pela adição dos resíduos orgânicos, pois a adição de esterco animal ocasiona de modo geral uma redução na adsorção do P, aumentando sua disponibilidade (AZEVEDO et al., 2004).

Segundo Oliveira et al. (2002), cerca de 70% do P contido em materiais orgânicos se tornam disponíveis no primeiro ano após a aplicação ao solo. Entretanto, essa decomposição ainda é considerada lenta em comparação com fontes químicas (CANTARELLA et al., 1992), e está condicionada à dinâmica do processo de mineralização e imobilização do nutriente no solo (NOVAES et al., 2007).

Quanto às profundidades, observa-se uma redução no teor de P com o aumento da profundidade de amostragem. As camadas de 0-5 e 5-10 cm apresentaram teores de P superiores (25,11 e 23,22 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente) em relação à camada mais profunda (18,30 mg dm<sup>-3</sup>). Esse resultado é similar ao verificado por Scherer e Nesi (2009), que ao estudarem a adubação orgânica em sistemas de plantio direto e preparo convencional do solo, observaram que apesar do revolvimento do solo ainda há uma tendência de maior acúmulo de P nas camadas superficiais. Scherer et al. (2007) avaliando os atributos químicos um Latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos encontraram efeito significativo para os teores de P disponível até a camada de 10 cm. Tokura et al. (2002), avaliando as formas de P no solo em função da profundidade, verificaram que as formas de P apresentaram tendência de redução com a profundidade. A não ocorrência de migração significativa de P no perfil do solo foi constatada por Silva et al. (2010) estudando a deposição de esterco bovino em um Latossolo Bruno, onde os autores não observaram alterações nos teores de P em profundidade.

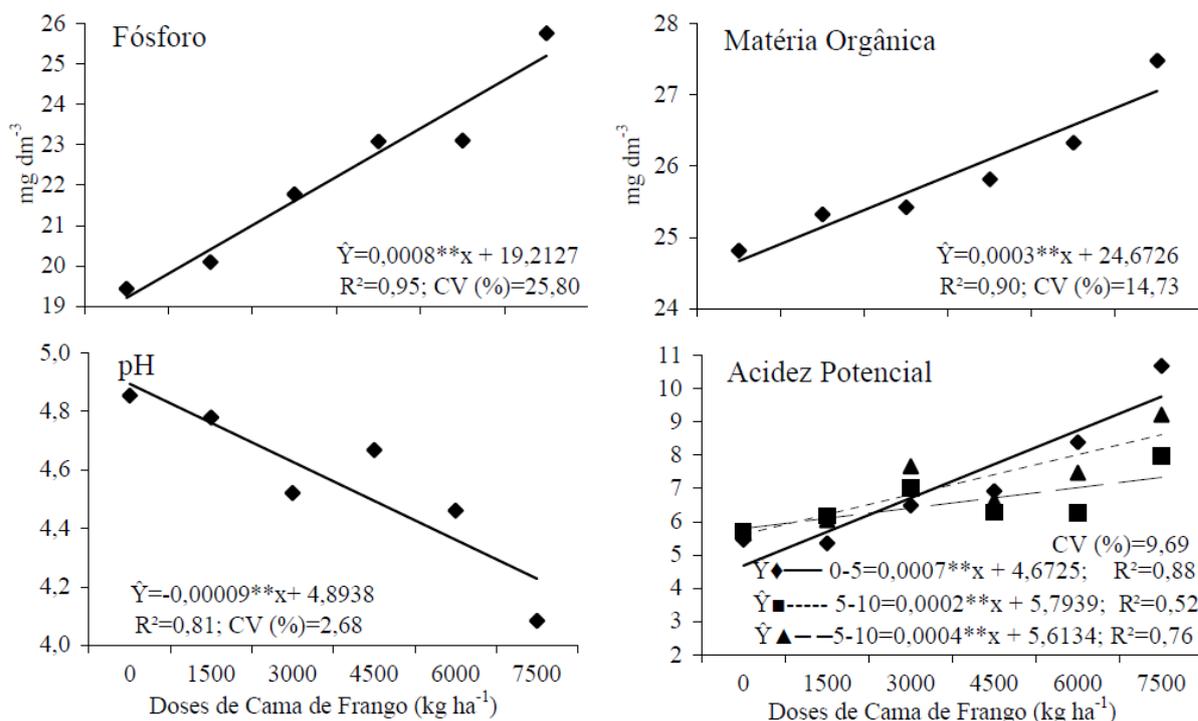


Figura 06. Teores de fósforo e matéria orgânica, e valores de pH do solo e acidez potencial de um Latossolo Vermelho eutrófico submetido a diferentes combinações de cama de frango e adubação nitrogenada mineral. Uniãoeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.

Para os teores de MO houve efeito significativo das doses de cama de frango aplicadas ( $P < 0,05$ ), com aumento linear nos teores de MO com o aumento da adubação orgânica (Figura 06). Esse aumento está diretamente relacionado com a quantidade de matéria orgânica incorporada ao solo através da cama de frango, que também foi crescente. Sá et al. (2010) também observaram aumento nos teores de MO do solo com a aplicação de adubação orgânica. A elevação da concentração de matéria orgânica do solo constitui-se no principal benefício do uso agrícola de resíduos orgânicos, devido à sua contribuição para a melhoria nos atributos químicos, físicas e biológicas do solo (BERTON; VALADARES, 1991).

Para as camadas estudadas, não foi observada diferença significativa dos teores de MO, que se mantiveram constantes com o aumento das profundidades, com valor médio de  $25,86 \text{ mg dm}^{-3}$ . Esse resultado está relacionado com o preparo do solo realizado após a aplicação da cama de frango, que possibilitou sua incorporação no perfil superficial. Segundo Corrêa et al. (2005), o incremento da MO do solo com a aplicação de resíduos, se deve à contribuição tanto do material

orgânico humificado como não humificado. A adição da MO pode diminuir a adsorção de P pelo solo aumentando sua disponibilidade, pois o solo pode adsorver ácidos orgânicos com grande energia, competindo com os sítios de adsorção de P (NOVAES et al., 2007).

O pH do solo, propriedade correlacionada com a acidez, é um importante indicador de suas condições químicas, pois possui capacidade de interferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não suas liberações (BRANDÃO; LIMA, 2002). No presente experimento, o pH do solo foi afetado pelas doses de cama de frango aplicadas, apresentando redução linear com o aumento das doses (Figura 06). Mello e Vitti (2002) também observaram redução nos valores de pH com a aplicação da cama de frango. Os menores valores de pH obtidos com a maior aplicação de cama de frango podem estar relacionadas com a dinâmica da mineralização da matéria orgânica, pois a grande disponibilização de nutrientes aos microorganismos do solo obtida com as maiores doses de cama de frango pode ter acelerado a decomposição da MO do solo ( $25,29 \text{ g dm}^{-3}$ ). A redução do pH é atribuída à liberação de ácidos orgânicos e, conseqüentemente, de íons  $\text{H}^+$  ocorridas durante a decomposição do material orgânico (EL-LEBOUDI et al., 1988; ABD EL-MOEZ, 1996) e nitrificação do amônio, que do ataque ao resíduo por fungos decompositores (CHANG et al., 1991).

Em relação às camadas estudadas, foi constatado redução nos valores de pH do solo nas camadas superficiais, concordando com resultados reportados na literatura. Silva et al. (2008) ao trabalharem com esterco líquido de bovino constataram redução nos valores de pH nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, da mesma forma que Andreola et al. (2000), que ao estudarem a adubação orgânica com cama de frango também constataram redução no pH até a camada de 10 cm.

Para a acidez potencial houve efeito significativo dos manejos da adubação e da interação dos fatores ( $P < 0,05$ ). No desdobramento da interação, houve ajuste linear positivo da acidez potencial das três camadas estudadas em resposta às doses de cama de frango. Entretanto, o aumento foi mais acentuado na camada de 0-5 cm e menos acentuado na camada de 10-15, enquanto a camada de 5-10 cm apresentou aumento na acidez potencial intermediário às demais (Figura 06).

Os resultados obtidos são coerentes com os relatados por Trannin et al. (2005), que ao estudarem a aplicação de biofóssido industrial em um Cambissolo

distrófico cultivado com a cultura do milho também obtiveram diminuição do pH e aumento da acidez potencial ( $H+Al$ ). O comportamento da acidez potencial ( $H^+ + Al^{+++}$ ) foi inverso ao do pH, como era esperado, pois à medida que o pH se eleva a acidez potencial tende a diminuir já que o pH diz respeito aos prótons livres do solo ( $H^+$ ) e a acidez potencial é a soma de ( $H + Al$ ). A mineralização do N orgânico e subsequente nitrificação também pode ter contribuído na acidificação do solo, pois a biodegradação da matéria orgânica causa a acidificação no solo em decorrência da produção de ácidos orgânicos (CAMARGO et al., 1999).

### 3.3.2 Alumínio trocável, Potássio, Cálcio e Magnésio

Houve efeito significativo apenas das doses de cama de frango ( $P<0,05$ ) sobre os teores de Al trocável, que elevou-se linearmente em resposta às doses aplicadas (Figura 07). O aumento do Al com a maior quantidade de cama de frango está relacionado com a solubilização do Al presente no solo. Trannin et al. (2005) também obtiveram aumento do Al trocável ao aplicarem biossólido industrial em um Cambissolo distrófico cultivado com milho. O estudo desse componente da acidez potencial dos solos é fundamental, pois o mesmo exerce efeitos tóxicos sobre o crescimento dos vegetais, reduzindo a absorção e translocação de P, Ca e Mg na planta e, portanto, a produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os teores de K foram afetados pelos manejos da adubação e pelas profundidades ( $P<0,01$ ), sem efeito para a interação dos fatores. Foi observada uma redução linear nos teores de K no solo em função das doses aplicadas. Este resultado não era esperado tendo em vista as quantidades estimadas de fornecimento de K pelas doses de cama de frango utilizadas (Tabela 04). O K é normalmente o nutriente mais prontamente liberado pelos resíduos orgânicos, por ser um elemento presente nos tecidos vegetais sob a forma iônica, não integrando compostos vegetais (MALAVOLTA et al., 1989). Segundo Berton (1991), praticamente todo o potássio adicionado ao solo como adubo orgânico estará disponível no primeiro ano de aplicação, o que pode ter favorecido à lixiviação desse nutriente. O fornecimento de nutrientes através da cama de frango e da adubação nitrogenada mineral, alteraram a dinâmica dos nutrientes no solo, acelerando o processo de mineralização e tornando-os mais susceptíveis ao intemperismo.

Ceretta et al. (2003) ao estudarem a utilização de resíduos orgânicos observaram lixiviação de K no solo. Outro fator que pode ter contribuído para os resultados obtidos diz respeito à produtividade das culturas, pois devido ao fornecimento de N nos demais manejos estudados, esse nutriente favoreceu a produção de massa seca da cultura da aveia e a produtividade da cultura do milho, contribuindo para uma maior extração do K presente no solo com conseqüente redução nos teores. Andreola et al. (2000), estudando a cobertura vegetal de inverno (associação de aveia-preta com nabo forrageiro) e adubações orgânica (esterco de aves) e mineral (uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio), observaram que o uso do adubo orgânico proporcionou acúmulo de K no solo, enquanto os adubos organomineral e mineral mostraram tendência à redução desse nutriente.

Quanto às profundidades de amostragem, foi observada redução nos teores de K com o aumento das profundidades de amostragem. Esses resultados são similares ao verificado por Bono et al. (2002), que analisando os teores de trocável nas profundidades de 0-10 e 0-20 cm em solo cultivado com soja, observaram que entre 0-10 cm foram encontrados os maiores teores de K. Já Assmann et al. (2007), avaliando a aplicação de esterco líquido de suínos sobre os atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférico nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, observaram aumento dos teores de K apenas na camada de 0-5 cm. Aumentos da disponibilidade e movimentação de nutrientes em profundidade estão condicionados ao balanço entre dose aplicada e exportação pelas culturas, pois em áreas de plantio direto regularmente adubadas é comum a estratificação de K ao longo do perfil (SILVA et al., 2010).

Para os teores de Ca foi constatada significância das doses de cama de frango e das profundidades de amostragem ( $P < 0,01$ ). Os teores de Ca decresceram linearmente com o aumento da aplicação de cama de frango (Figura 07). Não era esperado um menor teor de Ca para o manejo de adubação com maior quantidade da cama de frango, pois a adição do resíduo orgânico teoricamente elevaria os teores de Ca no solo, porém a diferença pode estar relacionada com a extração desse nutriente pela cultura do milho. Souza et al. (2009) ao estudarem adubações alternativas obtiveram resultados semelhantes, com redução nos teores de Ca no solo com a aplicação de adubação mineral. Em relação às profundidades de amostragem, maior teor de Ca foi obtido na profundidade de 10-15 cm.

As diferenças em profundidade observadas para K e Ca podem estar relacionadas com o revolvimento do solo pela grade niveladora após a aplicação da cama de frango, o que fez com que o adubo orgânico fosse distribuído na camada superficial (20 cm). Segundo Bayer e Bertol (1999) o tipo de manejo adotado também é responsável pela modificação da distribuição dos nutrientes no perfil do solo. King et al. (1974) verificaram que os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  diminuíram na superfície do solo após a adição de esterco de aves. Segundo os autores, esse resultado se deve ao incremento dos teores de K, o qual compete com  $\text{Ca}^{2+}$  nas superfícies sortivas do solo.

Para os teores de Mg houve efeito significativo apenas das adubações ( $P < 0,01$ ), com redução nos teores de Mg em função da aplicação da cama de frango. Mello e Vitti (2002) também observaram redução nos teores de Mg no com a adição de cama de frango, e os autores atribuíram esse efeito à diminuição no pH do solo.

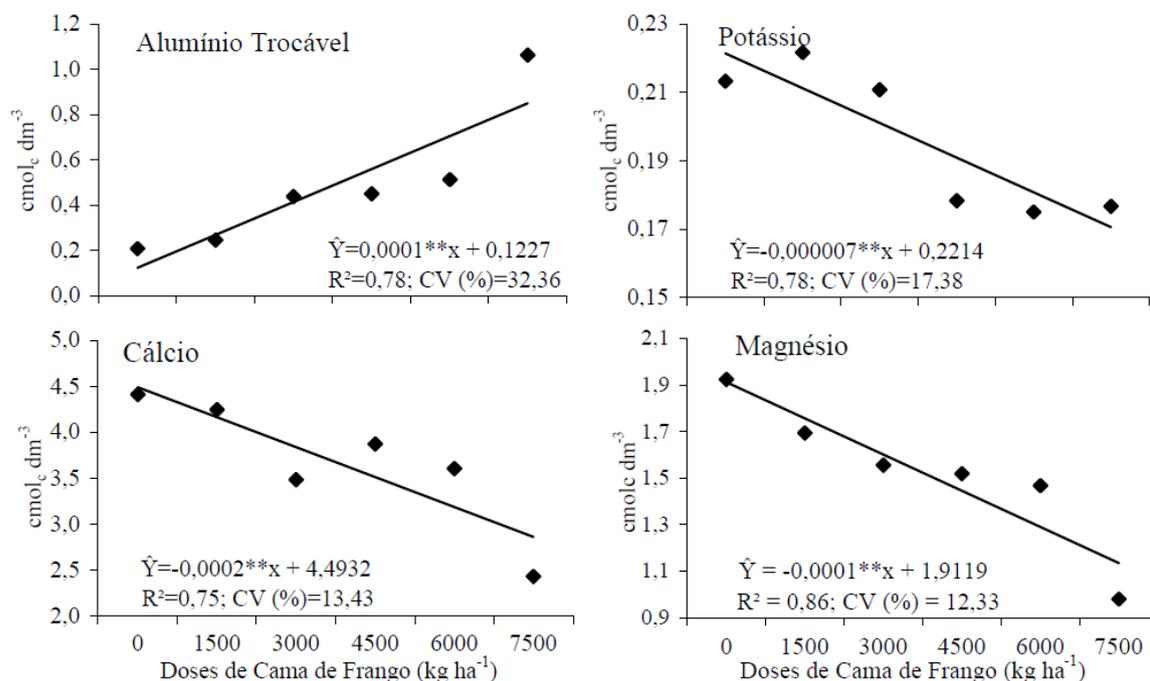


Figura 07. Teores de potássio, cálcio e magnésio de um Latossolo Vermelho eutroférico submetido a diferentes combinações de cama de frango e adubação nitrogenada mineral. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.

### 3.3.3 Soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases

Para a soma de bases foi observado efeito significativo das adubações utilizadas ( $P < 0,01$ ) e das profundidades ( $P < 0,01$ ). A soma de bases foi reduzida linearmente pela aplicação das doses de cama de frango (Figura 08), enquanto maior soma de bases foi obtida na camada de 10-15 cm em relação às demais. Esse resultado era esperado, uma vez que também foi constatada redução nas bases trocáveis. Segundo Grove (1986), o excesso de íons  $H^+$  e ânions  $NO_3^-$ , na solução do solo, faz com que aumente a lixiviação de bases, na forma de sais de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ , incrementando os teores desses elementos em profundidade. A movimentação de cátions em profundidade em diversas condições é favorecida pela adição de resíduos orgânicos na forma de restos de culturas ou esterco de animais (KINGERY et al., 1994). Segundo Stone e Silveira (2001), a perda de bases para as camadas mais profundas pode ser vantajosa em condições desfavoráveis para o desenvolvimento das plantas, pois favorece o desenvolvimento radicular das nessas camadas aumentando a capacidade de absorção de água e nutrientes.

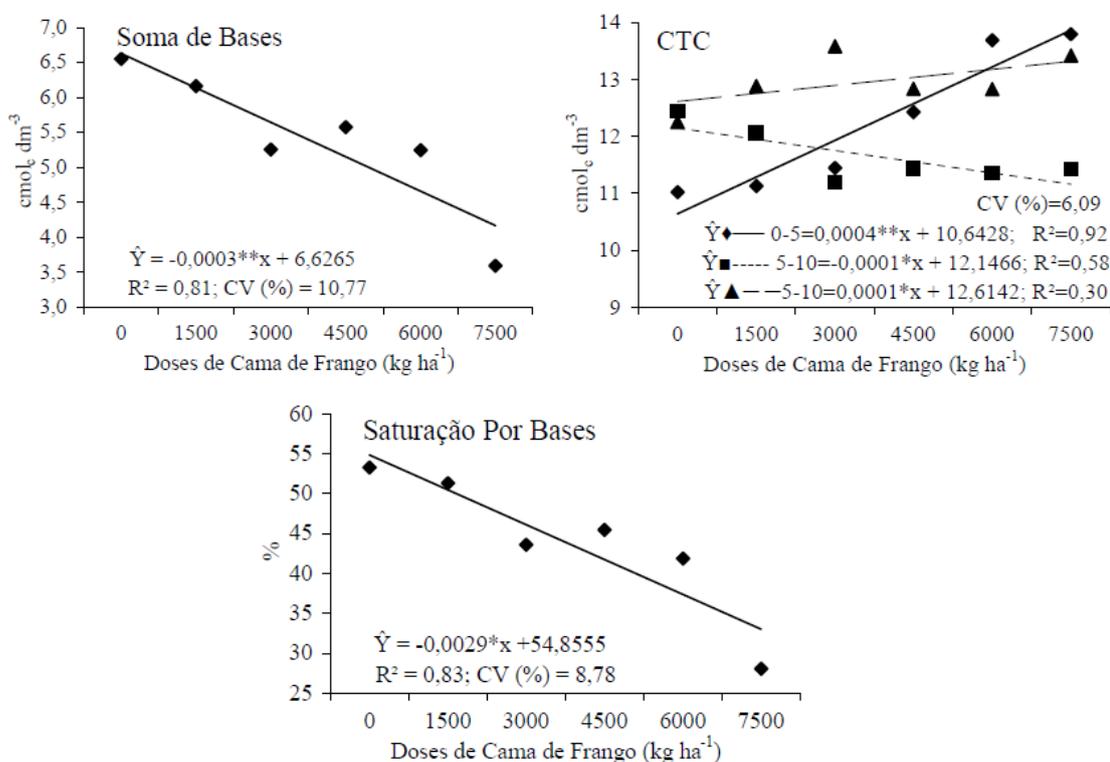


Figura 08. Soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases de um Latossolo Vermelho eutrófico submetido a diferentes combinações de cama

de frango e adubação nitrogenada mineral. Unioeste, Marechal Cândido Rondon, 2011.

A capacidade de troca de cátions foi afetada pela interação dos fatores, apresentando aumento linear nas camadas de 0-5 e 10-15 cm e redução linear na camada intermediária (10-15 cm) (Figura 08). Ao serem comparadas as profundidades, para todas as adubações utilizadas foi constatado aumento na CTC com o aumento da profundidade de amostragem. Vários fatores podem ter contribuído para o aumento da CTC, como o teor de matéria orgânica ou o tipo e superfície específica das argilas do solo, que quanto maiores aumentam a CTC por aumentar a área de contato, melhorando a adsorção catiônica (PIRES et al., 2008).

Para a saturação por bases houve significância apenas das adubações e das profundidades ( $p < 0,05$ ), sem efeitos para a interação. Houve redução linear na saturação por bases em resposta às doses de cama de frango (Figura 08), enquanto para as profundidades, maior saturação de bases foi obtida nas camadas mais profunda (5-10 e 10-15 cm). A redução da saturação por bases em função do uso da cama de frango está relacionada com o aumento da acidez potencial e com a redução nos teores de K e Ca. Resultados semelhantes foram obtidos Schionning et al. (1994), que constataram diminuição da saturação de bases na camada de 0-20 cm pelo uso de esterco, em razão do acréscimo na acidez potencial. Silva et al. (2008) ao trabalharem com a aplicação de esterco líquido de gado leiteiro constataram diferenças para a saturação de bases nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Echer et al. (2009) também observaram diferenças na saturação de bases de um Latossolo Vermelho distroférico submetido à adubação orgânica com esterco bovino curtido.

### **3.4 Conclusões**

A utilização de cama de frango associada à adubação nitrogenada mineral altera os atributos químicos do solo, elevando os teores de P e de matéria orgânica no solo. Entretanto reduz o pH, K, Ca, Mg, soma de bases e saturação por bases, elevando a acidez potencial e o Al trocável com o aumento das proporções de cama de frango em relação à adubação nitrogenada mineral.

### 3.5 Referências Bibliográficas

ABD EL-MOEZ, M.R. Dry matter yield and nutrient uptake of corn as affected by some organic wastes applied to a sandy soil. **Annals of Agricultural Science**, v.34, n.3, p.1319-1330, 1996.

ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; MENDONÇA, E.S.; OLSZEVSKI, N. Propriedades químicas de uma Terra Roxa Estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 609-620, 2000.

ASSMANN, T.S.; ASSMANN, J.M.; CASSOLI, L.C.; DIEHL, R.C.; MANTEL, C.; MAGIERO, E.C. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1515-1523, 2007.

AZEVEDO, W.R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.A.; OLIVEIRA JUNIOR, A.C. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicados na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.995-1004, 2004.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase a matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 687-694, 1999.

BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S. Potencial agrícola do composto de lixo urbano no estado de São Paulo. **O Agrônomo**, v.43, p.87-93, 1991.

BIAVATTI, H.Z. Alterações químicas decorrentes de diferentes formas de disposição da cama de aviário. Cascavel, 2007. 34p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Faculdade Assis Gurgacz.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S.C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 6, p. 46 – 56, junho 2002.

BONO, J. A. M.; MICHELON, T.; ARIAS, E. R. A.; DUBOC, E. Métodos de amostragem de solo em sistema de plantio direto. **Ensaio e Ciência**, v. 6, n. 2, p. 99-111, 2002.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.117-137.

CANTARELLA, H.; ABREU, C.A.A.; BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO

SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1992, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1992. p.63-122.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 729-735, 2003.

CHANG, C.; SOMMERFELDT, T.G.; ENTZ, T. Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. **Journal of Environmental Quality**, v. 20, p. 475-480, 1991.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

CORRÊA, M.C.M.; FERNANDES, G.C.; PRADO, R.M. & NATALE, W. **Propriedades químicas de solo tratado com resíduo orgânico da indústria processadora de goiabas**. R. Bras. Agroci., 11:241-243, 2005.

DURIGON, R.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; PAVINATO, P.S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.983-992, 2002.

ECHER, F. R.; ALMEIDA, R. G.; SCHIEDECK, G.; ALVES, E. M. Avaliação das características físico-químicas e biológicas do solo em sistemas de produção de milho (*Zea mays* L.) sob manejo com base ecológica e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

EL-LEBOUDI, A.E.; IBRAHIM, S.A.; ABD EL-MOEZ, M.R. A trial for getting benefit from organic wastes of food industry. I. Effect on soil properties. **Egypt Journal of Soil Science**, v.28, n.2, p.289-298, 1988.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA/DPI, 2006. 306p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, Embrapa Informações Tecnológica, 2009. 627p.

FIGUEROA, E. A. **Efeito imediato de esterco de ave poedeira e culturas de grãos**. Passo Fundo, 2008. 129p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Passo Fundo.

GROVE, J.H. The development and control of surface soil acidity under conservation tillage. **Journal Fertility**, n.3, p.52-61, 1986.

KING, L.D.; RUDGERS, L.A.; WEBBER, L.R. Application of municipal refuse and liquid sewage sludge to agricultural land: I field study. **Journal of Environmental Quality**, v.3, p.361-366, 1974.

KINGERY, W.L.; WOOD, C.W.; DELANEY, D.P.; WILLIAMS, J.C. & MULLINS, G.L. Impact of long-term land application of broiler litter on environmentally related soil properties. **Journal Environment Quality**, n.23, p.139-147, 1994.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MELO, R.F.; BRITO, L.T.L.; PEREIRA, L.A.; ANJOS, J.B. Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão caupi em barragem subterrânea. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2009.

MELLO, S.C.; VITTI, G.C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p. 200-206, 2002.

MONTAVALLI, P.P.; MILES, R.J. Soil phosphorus fractions alter 111 years of animal manure and fertilizer applications. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, p.35-42, 2002.

NOVAES, R.F.; SMYTH, J.T.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAES, RF; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F; ALVAREZ, V.V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, **II-Tópicos em ciência do solo**, Viçosa. p. 393-486, 2002.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 39. (IAPAR. Circular, 76).

PENTEADO, S. R. **Adubação verde e Produção de Biomassa – Melhoria e Recuperação dos Solos**. Campinas – SP: Livros Via Orgânica, 2007. 174p.

PIRES, A.A.; MONNERAT, P.H.; MARCIANO, C.R.; PINHO, L.G.R.; ZAMPIROLI, P.D.; ROSA, R.C.C.; MUNIZ, R.A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, n.5, p. 1997-2005, 2008.

SÁ, J.R.; OLIVEIRA, A.E.S.; MEDEIRO, J.F.; NOGUEIRA, N.W.; SILVA, C.B. Interação da adubação organo-mineral nos atributos químicos do solo na cultura do melão em Mossoró – RN – Brazil. **Revista Verde**, v.5, n.3, p. 89-100, 2010.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. Características químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, v.68, n. 3, 2009.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.123-131, 2007.

SCHJONNING, P.; CHRISTENSEN, B.T.; CARSTENSEN, B. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. **European Journal Soil Science**, v.45, p. 257-268, 1994.

SILVA, J.C.P.M.; Esterco de gado leiteiro associado à adubação mineral e sua influência na fertilidade de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.453-463, 2010.

SILVA, J.C.P.M.; MOTTA, A.C.V; PAULETTI, V.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A.S.; VELOSO, C.M.; SILVA, L.V.C. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um latossolo bruno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 2563-2572, 2008.

SOUZA, F.A.; MOURA, V.V.; SILVA, E.B.; VELOSO, A.V.; NASCIMENTO, R.M. Teores de nutrientes no solo após adubação orgânica e mineral em cultivo de alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS, 1, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória, Incaper, 2009.

SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; ARAÚJO, G.T.; SOUTO, L.S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.125-130, 2005.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 25, p. 395-401, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, L. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719p.

TOKURA, A. M.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C. H.; ALOVISI, A. A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1467-1476, 2002.

TRANNIN I.C.B., SIQUEIRA J.O.; MOREIRA F.M.S. Avaliação agrônômica de um bio-sólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.261-269, 2005.

VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELLO, N. A.; DIECKOW, J. Matéria orgânica e qualidade do solo. In: SANTOS, G. DE A.; DA SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p.483-493, 2008.